

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Masakiyo MATSUMURA, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CRYSTALLIZATION APPARATUS, CRYSTALLIZATION METHOD, PHASE MODULATION
ELEMENT, DEVICE AND DISPLAY APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:


<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-117486	April 22, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 2 2 日
Date of Application:

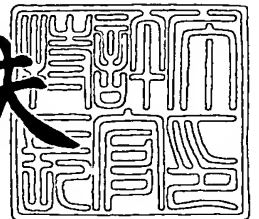
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 7 4 8 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 7 4 8 6]

出 願 人 株 式 会 社 液 晶 先 端 技 術 開 発 セ ン タ ー
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 1 7 3 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 YK-033

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
 先端技術開発センター内

 【氏名】 松村 正清

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
 先端技術開発センター内

 【氏名】 谷口 幸夫

【特許出願人】

 【識別番号】 501286657

 【氏名又は名称】 株式会社液晶先端技術開発センター

【代理人】

 【識別番号】 100095256

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033020

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0207610

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶化装置、結晶化方法、位相変調素子、デバイスおよび表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射光に対する出射光の位相が場所によって異なる位相変調素子と、

該位相変調素子に入射する前記入射光を照射するための照明系と、

前記位相変調素子の出射側に設けられた結像光学系と、

該結像光学系の後に設けられた多結晶半導体膜または非晶質半導体膜を有する基板を支持するためのステージとを備え、

前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有し、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化半導体膜を生成することを特徴とする結晶化装置。

【請求項 2】 入射光に対する出射光の位相が場所によって異なる位相変調素子と、

該位相変調素子に入射する前記入射光を照射するための照明系と、

前記位相変調素子の出射側に設けられた結像光学系と、

前記位相変調素子と所定面との間の光路中に配置された結像光学系とを備え、

前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有し、

前記所定面において所定の光強度分布を形成することを特徴とする結晶化装置

【請求項 3】 前記位相変調素子は、第 1 の位相値を有する第 1 領域と第 2 の位相値を有する第 2 領域との占有面積率が位置によって変化する位相分布を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の結晶化装置。

【請求項 4】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のセルを有し、各セル内における前記第 1 領域と前記第 2 領域との占有面積率がセル毎に変化することを特徴とする請求項 3 に記載の

結晶化装置。

【請求項 5】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、前記点像分布範囲に光学的に対応する単位範囲当りの同一位相値のピクセル数が単位範囲毎に変化することを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 6】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅を有する複数の短冊状領域を有し、各短冊状領域はそれぞれ一定の位相値を有し、各短冊状領域の幅が長手方向に沿って変化することを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 7】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第 1 の位相値を有し、各スペース部は前記第 2 の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 8】 前記位相変調素子は、周期的な分割領域構造を有し、各分割領域はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の結晶化装置。

【請求項 9】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、位相値がピクセル毎に変化することを特徴とする請求項 8 に記載の結晶化装置。

【請求項 10】 前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することを特徴とする請求項 8 に記載の結晶化装置。

【請求項 11】 前記位相変調素子は、石英ガラスの厚さを変えることにより位相分布が形成されたものであることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 12】 前記位相変調素子は、第 1 の位相分布を有し且つ位相の変

化方向に沿って延びた第1帯状領域と、第2の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第2帯状領域とを有し、前記第1帯状領域と前記第2帯状領域とは位相の変化方向に沿った境界線を挟んで隣接し、前記境界線上の局部領域において前記第1帯状領域側の平均位相値と前記第2帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項13】 前記第1帯状領域と前記第2帯状領域とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成され、前記光強度分布の光強度の小さい部分に対応する前記境界線上の第1局部領域において前記第1帯状領域側の平均位相値と前記第2帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なり、前記光強度分布の光強度の大きい部分に対応する前記境界線上の第2局部領域において前記第1帯状領域側の平均位相値と前記第2帯状領域側の平均位相値とがほぼ等しいことを特徴とする請求項12に記載の結晶化装置。

【請求項14】 前記第1帯状領域および前記第2帯状領域は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第1の位相値を有し、各スペース部は前記第2の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することを特徴とする請求項11または12に記載の結晶化装置。

【請求項15】 前記第1帯状領域および前記第2帯状領域は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することを特徴とする請求項11または12に記載の結晶化装置。

【請求項16】 前記位相変調素子は、形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さく且つ周囲とは実質的に異なる位相値を有する孤立領域を備えていることを特徴とする請求項1乃至15のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項17】 前記所定の光強度分布は、第1の光強度を有する中心領域から周辺に向かって光強度が増大する凹型パターンの光強度分布を有することを特徴とする請求項1乃至16のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項 18】 前記凹型パターンの光強度分布は、前記中心領域から周辺に向かって光強度が一次的に増大する分布を有することを特徴とする請求項 17 に記載の結晶化装置。

【請求項 19】 前記所定の光強度分布は、前記凹型パターンの光強度分布の前記中心領域の近傍において、前記第 1 の光強度よりも実質的に小さい第 2 の光強度を有する第 2 中心領域から周辺に向かって光強度が急激に増大する逆ピークパターンの光強度分布を有することを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の結晶化装置。

【請求項 20】 結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子を照明し、

前記位相変調素子と多結晶半導体膜または非晶質半導体膜との間の光路中に配置された前記結像光学系を介して、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化半導体膜を生成することを特徴とする結晶化方法。

【請求項 21】 結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子を照明し、

前記位相変調素子と所定面との間の光路中に配置された前記結像光学系を介して、前記所定面において所定の光強度分布を形成することを特徴とする結晶化方法。

【請求項 22】 所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、

第 1 の位相値を有する第 1 領域と第 2 の位相値を有する第 2 領域との占有面積率が位置によって変化する位相分布を有することを特徴とする位相変調素子。

【請求項 23】 複数のセルを有し、各セル内における前記第 1 領域と前記第 2 領域との占有面積率がセル毎に変化することを特徴とする請求項 22 に記載の位相変調素子。

【請求項 24】 複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、前記点像分布範囲に光学的に対応する単位範囲当りの同一位相値のピクセル数が単位範囲毎に変化することを特徴とする請求項 22 に記載の位相変調

素子。

【請求項 25】 複数の短冊状領域を有し、各短冊状領域はそれぞれ一定の位相値を有し、各短冊状領域の幅が長手方向に沿って変化することを特徴とする請求項 22 に記載の位相変調素子。

【請求項 26】 ラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第 1 の位相値を有し、各スペース部は前記第 2 の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することを特徴とする請求項 22 に記載の位相変調素子。

【請求項 27】 所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、

周期的な分割領域構造を有し、各分割領域はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有することを特徴とする位相変調素子。

【請求項 28】 複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、位相値がピクセル毎に変化することを特徴とする請求項 27 に記載の位相変調素子。

【請求項 29】 ラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することを特徴とする請求項 27 に記載の位相変調素子。

【請求項 30】 所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、

第 1 の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第 1 帯状領域と、第 2 の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第 2 帯状領域とを有し、前記第 1 帯状領域と前記第 2 帯状領域とは位相の変化方向に沿った境界線を挟んで隣接し、前記境界線上の局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なることを特徴とする位相変調素子。

【請求項 31】 前記第 1 帯状領域と前記第 2 帯状領域とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成され、前記光強度分布の光強度の小さい部分に対応する前記境界線上の第 1 局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なり、前

記光強度分布の光強度の大きい部分に対応する前記境界線上の第2局部領域において前記第1帯状領域側の平均位相値と前記第2帯状領域側の平均位相値とがほぼ等しいことを特徴とする請求項30に記載の位相変調素子。

【請求項32】 前記第1帯状領域および前記第2帯状領域は、ラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は第1の位相値を有し、各スペース部は第2の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することを特徴とする請求項30または31に記載の位相変調素子。

【請求項33】 前記第1帯状領域および前記第2帯状領域は、ラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することを特徴とする請求項30または31に記載の位相変調素子。

【請求項34】 形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲とは実質的に異なる位相値を有する孤立領域を備えていることを特徴とする請求項22乃至33のいずれか1項に記載の位相変調素子。

【請求項35】 請求項1乃至19のいずれか1項に記載の結晶化装置または請求項20または21に記載の結晶化方法を用いて製造されたことを特徴とするデバイス。

【請求項36】 所定の間隙を介して互いに接合した一対の基板と、この間隙に保持された電気光学物質とを有し、一方の基板には対向電極を形成し、他方の基板には画素電極及びこれを駆動する薄膜トランジスタが半導体薄膜に形成された表示装置であって、

前記半導体薄膜は、

入射光に対する出射光の位相が場所によって異なる位相変調素子および結像光学系を介して、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化した半導体膜であることを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶化装置、結晶化方法、位相変調素子、デバイスおよび表示装置

に関する。特に、本発明は、所定の光強度分布を有するレーザ光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置および結晶化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、たとえば液晶表示装置 (Liquid-Crystal-Display: LCD) の画素に印加する電圧を制御するスイッチング素子などに用いられる薄膜トランジスタ (Thin-Film-Transistor: TFT) は、非晶質シリコン (amorphous-Silicon) 層や多結晶シリコン (poly-Silicon) 層に形成されている。

【0003】

多結晶シリコン層は、非晶質シリコン層よりも電子又は正孔の移動度が高い。したがって、多結晶シリコン層にトランジスタを形成した場合、非晶質シリコン層に形成する場合よりも、スイッチング速度が速くなり、ひいてはディスプレイの応答が速くなる。また、周辺LSIを薄膜トランジスタで構成することが可能になる。さらに、他の部品の設計マージンを減らせるなどの利点がある。また、ドライバ回路やDACなどの周辺回路は、ディスプレイに組み入れる場合に、それらの周辺回路をより高速に動作させることができる。

【0004】

多結晶シリコンは結晶粒の集合からなるが、単結晶シリコンに比べると電子又は正孔の移動度が低い。また、多結晶シリコンに形成された多数の薄膜トランジスタは、チャンネル部における結晶粒界数のバラツキが問題となる。そこで、最近、電子又は正孔の移動度を向上させ且つチャンネル部における結晶粒界数のバラツキを少なくするために、大粒径の結晶化シリコンを生成する結晶化方法が提案されている。

【0005】

従来、この種の結晶化方法として、多結晶半導体膜または非晶質半導体膜と平行に近接させた位相シフターにエキシマレーザ光を照射して結晶化半導体膜を生成する「位相制御ELA (Excimer Laser Annealing) 法」が知られている。位相制御ELA法の詳細は、たとえば「表面科学Vol.21, No.5, pp.278-287, 20

00」に開示されている。

【0006】

位相制御ELA法では、位相シフターの位相シフト部に対応する点において光強度がほぼ0の逆ピークパターン（中心において光強度がほぼ0で周囲に向かって光強度が急激に増大するパターン）の光強度分布を発生させ、この逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射する。その結果、光強度分布に応じて溶融領域に温度勾配が生じ、光強度がほぼ0の点に対応して最初に凝固する部分に結晶核が形成され、その結晶核から周囲に向かって結晶が横方向に成長（以降、「ラテラル成長」もしくは「ラテラル方向成長」とよぶ）することにより大粒径の単結晶粒が生成される。

【0007】

従来、特開2000-306859号公報には、位相シフトマスク（位相シフター）を介して発生させた逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜に照射して結晶化を行う技術が開示されている。また、電子情報通信学会論文誌Vol. J85-C, No. 8, p. 624-629, 2002年8月には、位相シフターと光吸収分布とを組み合わせ発生させた凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜に照射して結晶化を行う技術が開示されている（図3および関連する記載を参照）。

【0008】

【特許文献1】

特開2000-306859号公報

【非特許文献1】

井上, 中田, 松村, 「シリコン薄膜の振幅・位相制御エキシマレーザ溶融再結晶化法—新しい2-D位置制御大結晶粒形成法—」, 電子情報通信学会論文誌, 社団法人電子情報通信学会, 2002年8月, 第J85-C巻, 第8号, p. 624-629

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

特開2000-306859号公報に開示されているように位相シフターを用

いて逆ピークパターンの光強度分布を形成する従来技術では、位相シフト部に対応する部分に逆ピークパターンの光強度分布が形成される。しかしながら、光強度が直線状に増大しないため、結晶の成長が途中で終了し易い。また、逆ピークパターンの光強度分布の周辺に余分な凹凸分布が発生するため、逆ピークパターンの光強度分布をアレイ化して結晶粒をアレイ状に生成することができない。

【0010】

なお、位相シフターに対する照明光の角度分布を調節したり、位相シフターの配置位置を設計したりすることにより、得られる光強度分布を理想的な分布に近づけることは可能かもしれない。しかしながら、その設計を解析的に見通しをもって行うことはできないし、例え解析的な設計が実現可能だとしてもかなり複雑な設計条件になることが予想される。

【0011】

一方、電子情報通信学会論文誌に開示されているように位相シフターと光吸収分布とを組み合わせる従来技術では、結晶化するための凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。しかしながら、ラテラル方向の大粒径の結晶成長することは、困難である。連続的に変化する光吸収分布を有する膜を成膜することは一般に困難である。また、特に結晶化のための強度の非常に大きい光は、被結晶化膜を照射したとき光吸収による熱や化学変化により光吸収分布を有する膜の膜材料の劣化を生じ易いので望ましくない。

【0012】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置、結晶化方法、薄膜トランジスタおよび表示装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、位相変調素子と、該位相変調素子を照明するための照明系と、前記位相変調素子と多結晶半導体膜または非晶質半導体膜との間の光路中に配置された結像光学系とを備え、前記位相変調

素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有し、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化半導体膜を生成することを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0014】

この構成では、位相変調素子が結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有するので、結像光学系の点像分布範囲に光学的に対応する単位範囲における複数の単位ベクトルの組み合わせを適宜変化させることにより、形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。こうして、たとえば中央において光強度が最も小さく且つ周辺に向かって光強度が増大するような凹型パターンの光強度分布を実現し、それに基づいて、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0015】

本発明の第2形態では、位相変調素子と、該位相変調素子を照明するための照明系と、前記位相変調素子と所定面との間の光路中に配置された結像光学系とを備え、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有し、前記所定面において所定の光強度分布を形成することを特徴とする装置を提供する。この場合、結晶化装置以外の適当な装置においても、所定面に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。

【0016】

第1形態または第2形態の好ましい態様によれば、前記位相変調素子は、第1の位相値を有する第1領域と第2の位相値を有する第2領域との占有面積率が位置によって変化する位相分布を有する。この場合、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のセルを有し、各セル内における前記第1領域と前記第2領域との占有面積率がセル毎に変化することが好ましい。あるいは、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の

位相値を有し、前記点像分布範囲に光学的に対応する単位範囲当りの同一位相値のピクセル数が単位範囲毎に変化することが好ましい。

【0017】

あるいは、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅を有する複数の短冊状領域を有し、各短冊状領域はそれぞれ一定の位相値を有し、各短冊状領域の幅が長手方向に沿って変化することが好ましい。あるいは、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第1の位相値を有し、各スペース部は前記第2の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することが好ましい。ここでラインアンドスペースという用語を用いたが、ラインアンドスペースとは本来クロムマスクのような透過と非透過が繰り返すパターンに用いられる。ただし、説明が容易になるので、本明細書では二種類の異なる位相の繰り返しに対してもラインアンドスペースという用語を用いることにする。

【0018】

また、第1形態または第2形態の好ましい態様によれば、前記位相変調素子は、周期的な分割領域構造を有し、各分割領域はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有する。この場合、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、位相値がピクセル毎に変化することが好ましい。あるいは、前記位相変調素子は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することが好ましい。

【0019】

また、第1形態または第2形態の好ましい態様によれば、前記位相変調素子は、第1の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第1帯状領域と、第2の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第2帯状領域とを有し、前記第1帯状領域と前記第2帯状領域とは位相の変化方向に沿った境界線を挟んで隣接し、前記境界線上の局部領域において前記第1帯状領域側の平均位相値と

前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なる。

【 0 0 2 0 】

この場合、前記第 1 帯状領域と前記第 2 帯状領域とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成され、前記光強度分布の光強度の小さい部分に対応する前記境界線上の第 1 局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なり、前記光強度分布の光強度の大きい部分に対応する前記境界線上の第 2 局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とがほぼ等しいことが好ましい。

【 0 0 2 1 】

また、前記第 1 帯状領域および前記第 2 帯状領域は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第 1 の位相値を有し、各スペース部は前記第 2 の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することが好ましい。あるいは、前記第 1 帯状領域および前記第 2 帯状領域は、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することが好ましい。

【 0 0 2 2 】

また、第 1 形態または第 2 形態の好ましい態様によれば、前記位相変調素子は、形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、前記結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さく且つ周囲とは実質的に異なる位相値を有する孤立領域を備えている。また、第 1 形態または第 2 形態では、前記所定の光強度分布は、第 1 の光強度を有する中心領域から周辺に向かって光強度が増大する凹型パターンの光強度分布を有することが好ましい。

【 0 0 2 3 】

この場合、前記凹型パターンの光強度分布は、前記中心領域から周辺に向かって光強度が一次元的に増大する分布を有することが好ましい。また、前記所定の光強度分布は、前記凹型パターンの光強度分布の前記中心領域の近傍において、前記第 1 の光強度よりも実質的に小さい第 2 の光強度を有する第 2 中心領域から

周辺に向かって光強度が急激に増大する逆ピークパターンの光強度分布を有することが好ましい。

【0 0 2 4】

本発明の第3形態では、結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子を照明し、前記位相変調素子と多結晶半導体膜または非晶質半導体膜との間の光路中に配置された前記結像光学系を介して、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化半導体膜を生成することを特徴とする結晶化方法を提供する。この場合も結晶化装置の場合と同様に、形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。その結果、たとえば結晶化に適した所望の凹型パターンの光強度分布に基づいて、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0 0 2 5】

本発明の第4形態では、結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子を照明し、前記位相変調素子と所定面との間の光路中に配置された前記結像光学系を介して、前記所定面において所定の光強度分布を形成することを特徴とする方法を提供する。この場合、結晶化方法以外の適当な方法においても、所定面に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。

【0 0 2 6】

本発明の第5形態では、所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、第1の位相値を有する第1領域と第2の位相値を有する第2領域との占有面積率が位置によって変化する位相分布を有することを特徴とする位相変調素子を提供する。この位相変調素子を例えば結晶化装置に適用することにより、結晶化に適した所望の凹型パターンの光強度分布を形成することができる。その結果、所望の凹型パターンの光強度分布に基づいて、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0 0 2 7】

第5形態の好ましい態様によれば、複数のセルを有し、各セル内における前記第1領域と前記第2領域との占有面積率がセル毎に変化することが好ましい。あるいは、複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、前記点像分布範囲に光学的に対応する単位範囲当りの同一位相値のピクセル数が単位範囲毎に変化することが好ましい。あるいは、複数の短冊状領域を有し、各短冊状領域はそれぞれ一定の位相値を有し、各短冊状領域の幅が長手方向に沿って変化することが好ましい。あるいは、ラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は前記第1の位相値を有し、各スペース部は前記第2の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することが好ましい。

【0 0 2 8】

本発明の第6形態では、所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、周期的な分割領域構造を有し、各分割領域はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有することを特徴とする位相変調素子を提供する。この場合も、例えば結晶化装置に適用することにより、結晶化に適した所望の凹型パターンの光強度分布を形成することができ、ひいては結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0 0 2 9】

第6形態の好ましい態様によれば、複数のピクセルを有し、各ピクセルはそれぞれ一定の位相値を有し、位相値がピクセル毎に変化する。あるいは、ラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することが好ましい。

【0 0 3 0】

本発明の第7形態では、所定の大きさの位相変調単位に基づく位相分布を有する位相変調素子であって、第1の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第1帯状領域と、第2の位相分布を有し且つ位相の変化方向に沿って延びた第2帯状領域とを有し、前記第1帯状領域と前記第2帯状領域とは位相の変化方向に沿った境界線を挟んで隣接し、前記境界線上の局部領域において前記第1帯

○ 状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なることを特徴とする位相変調素子を提供する。この場合、例えば結晶化装置に適用することにより、結晶化に適した所望の凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を形成することができ、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0031】

第 7 形態の好ましい態様によれば、前記第 1 帯状領域と前記第 2 帯状領域とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成され、前記光強度分布の光強度の小さい部分に対応する前記境界線上の第 1 局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とが実質的に異なり、前記光強度分布の光強度の大きい部分に対応する前記境界線上の第 2 局部領域において前記第 1 帯状領域側の平均位相値と前記第 2 帯状領域側の平均位相値とがほぼ等しい。

【0032】

また、前記第 1 帯状領域および前記第 2 帯状領域は、ラインアンドスペースパターンを有し、各ライン部は第 1 の位相値を有し、各スペース部は第 2 の位相値を有し、互いに隣接するライン部の幅とスペース部の幅との比が幅方向に沿って変化することが好ましい。あるいは、前記第 1 帯状領域および前記第 2 帯状領域は、ラインアンドスペースパターンを有し、位相値がライン部毎に変化することが好ましい。

【0033】

本発明の第 8 形態では、第 1 形態の結晶化装置または第 3 形態の結晶化方法を用いて製造されたことを特徴とするデバイスを提供する。この場合、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して得られた大粒径の結晶化半導体膜に基づいて、良好な半導体デバイスや液晶表示デバイスなどを製造することができる。この場合、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して得られた大粒径の結晶化半導体膜に基づいて、良好な半導体デバイスや液晶表示デバイスなどを製造することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の照明系の内部構成を概略的に示す図である。図1および図2を参照すると、本実施形態の結晶化装置は、位相変調素子1を照明するための照明系2を備えている。位相変調素子1の構成および作用については後述する。

【0035】

照明系2は、レーザ光源たとえば非晶質シリコン膜又は多結晶シリコン膜を結晶化するための248nmの波長を有する光を供給するKrFエキシマレーザ光源2aを備えている。なお、光源2aとして、XeClエキシマレーザ光源やYAGレーザ光源のような他の適当な光源を用いることもできる。光源2aから供給されたレーザ光は、ビームエキスパンダ2bを介して拡大された後、第1フライアイレンズ2cに入射する。

【0036】

こうして、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面には複数の光源が形成され、これらの複数の光源からの光束は第1コンデンサー光学系2dを介して、第2フライアイレンズ2eの入射面を重畳的に照明する。その結果、第2フライアイレンズ2eの後側焦点面には、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面よりも多くの複数の光源が形成される。第2フライアイレンズ2eの後側焦点面に形成された複数の光源からの光束は、第2コンデンサー光学系2fを介して、位相変調素子1を重畳的に照明する。

【0037】

ここで、第1フライアイレンズ2cおよび第1コンデンサー光学系2dは、第1ホモジナイザを構成し、この第1ホモジナイザにより光源2aから供給されたレーザ光について位相変調素子1上での入射角度に関する均一化が図られる。また、第2フライアイレンズ2eおよび第2コンデンサー光学系2fは第2ホモジナイザを構成し、この第2ホモジナイザにより第1ホモジナイザからの入射角度が均一化されたレーザ光について位相変調素子1上での面内各位置での光強度に

関する均一化が図られる。こうして、照明系 2 は、ほぼ均一な光強度分布を有するレーザ光により位相変調素子 1 を照射する。

【0038】

位相変調素子 1 で位相変調されたレーザ光は、結像光学系 3 を介して、被処理基板 4 に入射される。ここで、結像光学系 3 は、位相変調素子 1 と被処理基板 4 とを光学的に共役に配置している。換言すれば、被処理基板 4 は、位相変調素子 1 と光学的に共役な面（結像光学系 3 の像面）に設定されている。結像光学系 3 は、凸レンズ 3 a と 3 b との間に開口絞り 3 c を備えている。

【0039】

開口絞り 3 c は、開口部（光透過部）の大きさの異なる複数の開口絞りを有し、これらの複数の開口絞り 3 c は光路に対して交換可能に構成されていても良い。あるいは、開口絞り 3 c は、開口部の大きさを連続的に変化させることのできる虹彩絞りを有していてもよい。いずれにしても、開口絞り 3 c の開口部の大きさ（ひいては結像光学系 3 の像側開口数 NA）は、後述するように、被処理基板 4 の半導体膜上において所要の光強度分布を発生させるように設定されている。

【0040】

なお、結像光学系 3 は、屈折型の光学系であってもよいし、反射型の光学系であってもよいし、屈折反射型の光学系であってもよい。また、被処理基板 4 は、たとえば液晶ディスプレイ用板ガラスの上に化学気相成長法（CVD）により下地膜および非晶質シリコン膜が順次形成されたものである。被処理基板 4 は、真空チャックや静電チャックなどにより基板ステージ 5 上において予め定められた所定の位置に位置決めされて保持されている。

【0041】

図 3 は、本発明の基本原理を説明する図である。図 1 および 2 と同一部分には同一符号を付与し、その詳細な説明は重複するので省略する。一般に、位相変調素子 1 による結像の光振幅分布 $U(x, y)$ は、次の式 (1) で表わされる。なお、式 (1) において、 $T(x, y)$ は位相変調素子 1 の複素振幅透過率分布を、 $*$ はコンボリューション（たたみ込み積分）を、 $ASF(x, y)$ は結像光学系 3 の点像分布関数をそれぞれ示している。（点像分布関数とは、結像光学系に

よる点像の振幅分布と定義する。)

$$U(x, y) = T(x, y) * ASF(x, y) \cdots (1)$$

【0042】

なお、位相変調素子1の複素振幅透過率分布 T は、振幅が均一であることから、次の式(2)で表わされる。なお、式(2)において、 T_0 は一定の値であり、 $\phi(x, y)$ は位相分布を示している。

$$T = T_0 e^{i\phi(x, y)} \cdots (2)$$

【0043】

また、結像光学系3が均一円形瞳を有し且つ無収差である場合、点像分布関数 $ASF(x, y)$ に関して次の式(3)に示す関係が成立する。なお、式(3)において、 J_1 はベッセル(Bessel)関数を、 λ は光の波長を、 NA は上述したように結像光学系3の像側開口数をそれぞれ示している。

$$ASF(x, y) \propto 2J_1(2\pi/\lambda \cdot NA \cdot r) / (2\pi/\lambda \cdot NA \cdot r) \cdots (3)$$

ただし、 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$

【0044】

図3(a)に示す結像光学系3の点像分布関数は、図3(b)に示すものであり、直径 R の円筒形3e(図3中破線で示す)で近似すると、図3(c)に示す位相変調素子1上の直径 R' (直径 R に光学的に対応する値)の円内の複素振幅分布を積分したものが、像面3f上の複素振幅を決定する。上述したように、像面3fに結像された結像の光振幅すなわち光強度は位相変調素子1の複素振幅透過率分布と点像分布関数とのコンボリューションで与えられる。点像分布関数を円筒形3eで近似して考えると、図3(c)に示す円形の点像分布範囲 R 内で位相変調素子1の複素振幅透過率を均一重みで積分した結果が、像面3fでの複素振幅になり、その絶対値の二乗が光強度となる。なお、結像光学系3での点像分布範囲 R とは、点像分布関数によって描かれた図3(b)の曲線の0点3iとの交点3j内の範囲をいう。

【0045】

したがって、点像分布範囲 R 内で位相の変化が少ないほど光強度は大きくなり、逆に位相の変化が大きいほど光強度は小さくなる。この点は、図3(d)に示

すように単位円 3 g 内での位相ベクトル 3 h の和で考えると理解しやすい。像面 3 f を物体例えば半導体膜とした場合、図 3 (b) の点像分布関数は、図 3 (f) に示すような点像分布関数となる。図 4 は、点像分布範囲 R 内での位相の変化と光強度との典型的な関係を示す図である。図 4 (a) は、4 つの領域の位相値がすべて 0 度の場合を示す図であり、0 度方向の 4 つの位相ベクトル 4 g の和が振幅 4 E に対応し、その二乗が光強度 16 I に対応することになる。

【0046】

図 4 (b) は、2 つの領域の位相値が 0 度であり、他の 2 つの領域の位相値が 90 度の場合を示す図であり、0 度方向の 2 つの位相ベクトルと 90 度方向の 2 つの位相ベクトルとの和が振幅 $2\sqrt{2} E$ に対応し、その二乗が光強度 8 I に対応することになる。図 4 (c) は、位相値が 0 度の領域と位相値が 90 度の領域と位相値が 180 度の領域と位相値が 270 度の領域の場合を示す図であり、0 度方向の位相ベクトル 4 s と 90 度方向の位相ベクトル 4 t と 180 度方向の位相ベクトル 4 u と 270 度方向の位相ベクトル 4 v との和が振幅 0 E に対応し、その二乗が光強度 0 I に対応することになる。

【0047】

図 5 は、結像光学系 3 における瞳関数と点像分布関数との関係を示す図である。一般に、点像分布関数は、瞳関数のフーリエ変換で与えられる。具体的には、結像光学系 3 が均一円形瞳を有し且つ無収差である場合、点像分布関数 A S F (x, y) は上述の式 (3) により表わされる。しかしながら、結像光学系 3 に収差が存在する場合や、均一円形瞳以外の瞳関数を有する場合はこの限りではない。

【0048】

均一円形瞳で無収差の場合、点像分布関数が最初に 0 となるまでの中央領域（すなわちエアリーディスク）の半径 $R/2$ は、次の式 (4) で表わされることが知られている。

$$R/2 = 0.61 \lambda / NA \quad (4)$$

【0049】

本明細書において、点像分布範囲 R とは、図 3 (b) , 図 5 (b) に示すよう

に点像分布関数 $F(x)$ が最初に 0 となるまでの円形状の中央領域を意味している。図 4 を参照して明らかなように、結像光学系の点像分布範囲 R に光学的に対応する円の中に複数（図 4 では 4 つ）の位相変調単位が含まれていると、複数の位相ベクトル $4g$ の和により光の振幅を、ひいては光の強度を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。その結果、比較的複雑な光強度分布を比較的容易に得ることができる。

【0050】

したがって、本発明では、光強度を自由に制御するために、位相変調素子 1 の位相変調単位は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さいことが必要である。換言すれば、結像光学系 3 の像側における位相変調素子 1 の位相変調単位の大きさは、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも小さいことが必要である。ここで、位相変調単位とは、例えば後述するセル型の場合は、セルの一番短い一辺の大きさであり、ピクセル型の場合は一辺の長さを表す。うねりがあると、結晶の成長が妨げられる。以下、本実施形態で用いることのできる位相変調素子 1 の実施例について説明する。

【0051】

図 6 は、第 1 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。図 6 (a) を参照すると、第 1 実施例の位相変調素子は、第 1 の位相値 ϕ_1 を有する第 1 領域（図中斜線部で示す）21a と第 2 の位相値 ϕ_2 を有する第 2 領域（図中空白部で示す）21b とを有する。また、第 1 実施例の位相変調素子は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さいサイズの複数のセル（図中矩形形状の破線で示す）21 を有する。

【0052】

第 1 実施例では、図 6 (a) に示すように、各セル 21 内における位相値 ϕ_1 （たとえば 90 度）の第 1 領域 21a と位相値 ϕ_2 （たとえば 0 度）の第 2 領域 21b との占有面積率がセル毎に変化している。換言すれば、位相値 ϕ_1 の第 1 領域 21a と位相値 ϕ_2 の第 2 領域 21b との占有面積率が位置によって変化する位相分布を有する。さらに具体的には、セル内における位相値 ϕ_2 の第 2 領域 21b の占有面積は、図中左側のセルにおいて最も大きく、図中右側のセルにお

いて最も小さく、その間において単調に変化している。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 21c で示すように図 6 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。

【0053】

以上のように、第 1 実施例の位相変調素子 1 は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さいサイズの位相変調単位 (セル) 21 に基づく位相分布を有する。したがって、各位相変調単位 21 における第 1 領域 21a と第 2 領域 21b と占有面積率を、すなわち 2 つの位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板 4 上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。第 1 および第 2 の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 の位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0054】

図 7 は、第 2 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。図 7 を参照すると、第 2 実施例の位相変調素子 1 は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さい複数の矩形状のピクセル 22 を有する。これらの複数のピクセル 22 は縦横に且つ稠密に配置され、各ピクセル 22 はそれぞれ一定の位相値を有する。具体的には、第 1 の位相値 ϕ_1 (たとえば 90 度) を有する第 1 ピクセル (図中斜線部で示す) 22a と、第 2 の位相値 ϕ_2 (たとえば 0 度) を有する第 2 ピクセル (図中空白部で示す) 22b とを有する。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 22c で示すように図 7 において紙面の上面から裏面方向に透過する。

【0055】

第 2 実施例では、図 7 に示すように、結像光学系 3 の点像分布範囲 R に光学的に対応する単位範囲 (図中破線の円で示す) 当りの同一位相値のピクセル数が単位範囲毎に変化している。換言すれば、第 2 実施例においても第 1 実施例と同様に、位相値 ϕ_1 の第 1 領域としての第 1 ピクセル 22a と位相値 ϕ_2 の第 2 領域

としての第2ピクセル22bとの占有面積率が位置によって変化する位相分布を有する。

【0056】

以上のように、第2実施例の位相変調素子は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さいサイズの位相変調単位（ピクセル）22に基づく位相分布を有する。したがって、結像光学系3の点像分布範囲Rに光学的に対応する単位範囲（不図示）における第1ピクセル22aと第2ピクセル22bとの占有面積率を、すなわち複数の位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板4上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。

【0057】

図8は、第3実施例を説明するための位相変調素子1の構成を概略的に示す図である。図8を参照すると、第3実施例の位相変調素子1は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅を有する複数の細長い三角形状の短冊状領域23を有する。これらの複数の短冊状領域23は図示のように稠密配置され、各短冊状領域23はそれぞれ一定の位相値を有する。具体的には、第1の位相値 ϕ_1 （たとえば90度）を有する第1短冊状領域（図中斜線部で示す）23aと、第2の位相値 ϕ_2 （たとえば0度）を有する第2短冊状領域（図中空白部で示す）23bとを有する。

【0058】

第3実施例では、図8に示すように、各短冊状領域23a、23bの幅が長手方向（図中矢印で示す）に沿って変化している。換言すれば、第3実施例においても第1実施例と同様に、位相値 ϕ_1 の第1領域としての第1短冊状領域23aと位相値 ϕ_2 の第2領域としての第2短冊状領域23bとの占有面積率が位置によって変化する位相分布を有する。位相変調素子1への入射光は、矢印23cで示すように図8において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子1の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第1および第2の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 が形成されるように選択することにより位相変調素子1を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングやFIBにより形成することができ

る。

【0059】

以上のように、第3実施例の位相変調素子1は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅の位相変調単位（短冊状領域）に基づく位相分布を有する。したがって、結像光学系3の点像分布範囲Rに光学的に対応する単位範囲（不図示）における第1短冊状領域23aと第2短冊状領域23bとの占有面積率を、すなわち複数の位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板4上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。

【0060】

図9は、第4実施例を説明するための位相変調素子1の構成を概略的に示す図である。図9を参照すると、第4実施例の位相変調素子は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターン24を有する。ここで、図中斜線部で示す各ライン部24aは第1の位相値 ϕ_1 （たとえば90度）を有し、図中空白部で示す各スペース部24bは第2の位相値 ϕ_2 （たとえば0度）を有し、互いに隣接するライン部24aの幅とスペース部24bの幅との比が幅方向に沿って変化している。

【0061】

具体的には、ラインアンドスペースパターン24の中央においてデューティ比（ライン部24aの幅／ピッチ）が0%で、周辺に向かってデューティ比が5%ずつ線形的に増大し、両側ではデューティ比が50%になっている。このように、第4実施例においても第1実施例と同様に、位相値 ϕ_1 の第1領域としてのライン部24aと位相値 ϕ_2 の第2領域としてのスペース部24bとの占有面積率が位置によって変化する位相分布を有する。

【0062】

以上のように、第4実施例の位相変調素子1は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅の位相変調単位（ライン部またはスペース部）に基づく位相分布を有する。したがって、結像光学系3の点像分布範囲Rに光学的に対応する単位範囲（不図示）におけるライン部24aとスペース部2

4 b との占有面積率を、すなわち複数の位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板 4 上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。

【0063】

具体的には、図 9 (a) に示すように、ラインアンドスペースパターン 24 の中央に対応する中央位置において最も光強度が大きく、ラインアンドスペースパターン 24 の両側に対応する両側位置において最も光強度が小さい凸型パターンの光強度分布が得られる。実際には、図示のラインアンドスペースパターン 24 がピッチ方向（図中水平方向）に沿って繰り返し形成されているので、中央において光強度が最も小さく且つ周辺に向かって一次元的に且つほぼ線形的に光強度が増大するような凹型パターンの光強度分布、すなわち、図 9 (b) に示すような V 字型パターンの光強度分布が得られる。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 24 c で示すように図 9 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0064】

この場合、凹型パターンの光強度分布の底（光強度の最も小さい部位）にはほぼ対応する被処理基板 4 上の位置において結晶核が発生し、周囲に向かう温度勾配に沿って結晶が成長する。このとき、光強度分布にある閾値 α があり、その α 値以下の部分では半導体膜 (Si) は融けないか、あるいは融けても表面の一部しか融けないためにポリシリコンの状態にとどまり、 α 値を越えたところから結晶成長が開始する。即ち、 α 値は、結晶成長が開始する光強度である。

【0065】

したがって、凹型パターンの光強度分布を採用してできるだけ大粒径の結晶を得るには、凹型パターンの光強度分布の底における光強度の値がこの α 値よりもわずかに下回ることが望ましい。換言すれば、大粒径の結晶を得るための α 値は、凹型パターンの光強度分布の底値よりわずかに大きい光強度が望ましい。こう

して、第4実施例では、中央において光強度が最も小さく且つ周辺に向かって光強度が増大するような凹型パターンの光強度分布に基づいて、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0066】

特に、周辺に向かって線形的に光強度が増大するようなV字型パターンの光強度分布では、周囲に向かう温度勾配も線形的になるので、結晶の成長が途中で停止することなく、さらに大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。また、位相シフターを用いる従来技術とは異なり、凹型パターンの光強度分布の周辺に余分な凹凸分布が発生しないため、凹型パターンの光強度分布をアレイ化することにより高い充填率で結晶粒をアレイ状に生成することができる。

【0067】

なお、上述の第1実施例～第3実施例では具体的に得られる光強度分布に関する説明を省略しているが、図6～図8に示す位相分布を所定方向（占有面積率の変化方向）に沿って繰り返すことにより、図9（b）に示すV字型パターンと類似の凹型パターンの光強度分布24dをアレイ化することができる。その結果、第1実施例～第3実施例においても、第4実施例と同様に、凹型パターンの光強度分布24dに基づいて結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0068】

図10は、第5実施例を説明するための位相変調素子1の構成を概略的に示す図である。図10（a）を参照すると、第5実施例の位相変調素子1は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さい複数の矩形状のピクセル25を有する。これらの複数のピクセル25は縦横に且つ稠密に配置され、各ピクセル25はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値がピクセル25毎に変化している。換言すれば、第5実施例の位相変調素子1は、周期的な分割領域構造を有し、各分割領域（ピクセル）25はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有する。

【0069】

具体的には、第1の位相値 ϕ_1 （たとえば90度）を有する第1ピクセル25aと、第2の位相値 ϕ_2 （たとえば67.5度）を有する第2ピクセル25bと、第3の位相値 ϕ_3 （たとえば45度）を有する第3ピクセル25cと、第4の位相値 ϕ_4 （たとえば22.5度）を有する第4ピクセル25dと、第5の位相値 ϕ_5 （たとえば0度）を有する第5ピクセル25eとを有する。また、第1～第5ピクセル以外のピクセルは等しい位相値（例えば0度）を有する。第5実施例では、図10（a）に示すように、図中左側の領域において位相値の変化量が小さく、図中右側の領域において位相値の変化量が大きく、その間において位相値の変化量が単調に変化している。

【0070】

以上のように、第5実施例の位相変調素子1は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さいサイズの位相変調単位（ピクセル）25に基づく位相分布を有する。したがって、結像光学系3の点像分布範囲Rに光学的に対応する単位範囲（不図示）における位相値の分布を、すなわち複数の位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板4上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。位相変調素子1への入射光は、矢印25fで示すように図10において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子1の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子1を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングやFIBにより形成することができる。

【0071】

なお、上述の第5実施例では、図10（a）に示す位相分布を所定方向（位相値の変化方向）に沿って繰り返すことにより、図9に示すV字型パターンと類似の図10（b）に示す凹型パターンの光強度分布をアレイ化することができる。その結果、第5実施例においても、第4実施例と同様に、凹型パターンの光強度分布に基づいて結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0072】

図 11 は、第 6 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。図 11 (a) を参照すると、第 6 実施例の位相変調素子 1 は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅のラインアンドスペースパターン 26 を有する。ここで、ラインアンドスペースパターン 26 の全体に亘って、デューティ比（ライン部の幅／ピッチ）が 50% で一定である。しかしながら、図中斜線部で示す各ライン部の位相値がライン部毎に変化している。

【0073】

すなわち、ラインアンドスペースパターン 26 の中央においてライン部 26 a の位相値 ϕ_1 が最もスペース部の位相に近く、両側のライン部 26 k の位相値 ϕ_{11} が最もスペース部の位相と異なり、その間でライン部の位相値が単調に変化している。ラインアンドスペースパターン 26 の各スペース部における位相値は一定である。具体的には、ライン部 26 a の位相値 ϕ_1 は 0 度であり、ライン部 26 b の位相値 ϕ_2 は 25.9 度であり、ライン部 26 c の位相値 ϕ_3 は 36.9 度であり、ライン部 26 d の位相値 ϕ_4 は 45.6 度であり、ライン部 26 e の位相値 ϕ_5 は 53.2 度であり、ライン部 26 f の位相値 ϕ_6 は 60.0 度である。

【0074】

また、ライン部 26 g の位相値 ϕ_7 は 66.5 度であり、ライン部 26 h の位相値 ϕ_8 は 72.6 度であり、ライン部 26 i の位相値 ϕ_9 は 78.5 度であり、ライン部 26 j の位相値 ϕ_{10} は 84.3 度であり、ライン部 26 k の位相値 ϕ_{11} は 90.0 度である。一方、各スペース部の位相値はすべて 0 度である。このように、第 6 実施例においても第 5 実施例と同様に、周期的な分割領域構造を有し、各分割領域（ライン部またはスペース部）はそれぞれ一定の位相値を有し、位相値が分割領域毎に変化する位相分布を有する。

【0075】

以上のように、第 6 実施例の位相変調素子 1 は、結像光学系 3 の点像分布範囲 R の半径 $R/2$ よりも光学的に小さい幅の位相変調単位（ライン部またはスペース部）に基づく位相分布を有する。したがって、結像光学系 3 の点像分布範囲 R

に光学的に対応する単位範囲（不図示）におけるライン部の位相値の分布を、すなわち複数の位相ベクトルの和を適宜変化させることにより、被処理基板 4 上に形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 26 m で示すように図 11 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0076】

また、上述の第 6 実施例では、図 11 (a) に示す位相分布を所定方向（位相値の変化方向）に沿って繰り返すことにより、図 9 に示す V 字型パターンと類似の図 11 (b) に示す凹型パターンの光強度分布をアレイ化することができる。その結果、第 6 実施例においても、第 4 実施例と同様に、凹型パターンの光強度分布に基づいて結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0077】

図 12 は、第 7 実施例を説明するための位相変調素子 1 の基本構成を模式的に示す図である。また、図 13 は、第 7 実施例の利点の 1 つを説明する図である。図 12 (a) を参照すると、第 7 実施例の位相変調素子 1 は、第 1 の位相分布を有し且つ位相の変化方向（図中水平方向）に沿って延びた第 1 帯状領域 31 と、第 2 の位相分布を有し且つ位相の変化方向（図中水平方向）に沿って延びた第 2 帯状領域 32 とを有する。第 1 帯状領域 31 と第 2 帯状領域 32 とは、位相の変化方向に沿った境界線 33 を挟んで隣接し、境界線 33 上の局部領域において第 1 帯状領域 31 側の平均位相値と第 2 帯状領域 32 側の平均位相値とが実質的に異なっている。

【0078】

さらに典型的には、第 1 帯状領域 31 と第 2 帯状領域 32 とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成されている。そして、光強度分布の光強度の小さい部分に対応する境界線 33 上の第 1 局部領域 34 におい

て、第1帯状領域31側の平均位相値と第2帯状領域32側の平均位相値とが実質的に異なる。一方、光強度分布の光強度の大きい部分に対応する境界線33上の第2局部領域35において第1帯状領域31側の平均位相値 ϕ_{ave} と第2帯状領域32側の平均位相値 ϕ_{ave} とがほぼ等しい。平均位相値 ϕ_{ave} とは、

$$\phi_{ave} = \int_D \phi(x, y) dx dy$$

Dは積分範囲であり、例えば点像分布範囲Rのうち境界線33で仕切られた斜線の範囲である。

【0079】

第7実施例では、図12(b)に示すように、境界線33から十分に離れた第1帯状領域31および第2帯状領域32において位相の変化方向に沿って、たとえばV字型の形態を有する凹型パターンの光強度分布120が得られる。一方、[0045]の説明により図12(c)に示す境界線33に沿った光強度分布を参照すると、境界線33上の第1局部領域34では第1帯状領域31側の平均位相値と第2帯状領域32側の平均位相値とが実質的に異なるので、この平均位相値が実質的に異なる第1局部領域34の影響により、第1局部領域34に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込み121が形成される。図12(a)において矢印31x、32xで示す方向に直線状下り勾配の光強度特性は、図11(a)で示す位相分布により得ることができる。

【0080】

しかしながら、境界線33上の第2局部領域35では第1帯状領域31側の平均位相値と第2帯状領域32側の平均位相値とがほぼ等しいので、光強度の大きい部分において第2局部領域35による影響はほとんど発生しない。こうして、第7実施例では、たとえばV字型の形態を有する凹型パターンの光強度分布120と、この凹型パターンの光強度分布120で光強度の小さい部分における逆ピークパターン121の光強度分布との合成光強度分布、すなわち凹型パターン120+逆ピークパターン121の光強度分布が得られる。

【0081】

凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布では、上述の α 値が逆ピークパターンの光強度分布121と凹型パターンの光強度分布120との境目付近か、

あるいは逆ピークパターンの光強度分布 121 の内側（光強度の低い方）へ来るように設定することが望ましい。この設定により、結晶成長の開始点を逆ピークパターンの光強度分布 120 の中心へ極力近づけることができ、ひいては大粒径の結晶粒を生成することが可能になる。また、逆ピークパターンの光強度分布 120 の作用により、結晶核の形成位置を、ひいては結晶生成位置を二次元的に位置制御することができるという利点もある。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 31a で示すように図 12 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0082】

前述したように、従来技術では、位相シフターと光吸収分布とを組み合わせる結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布が得ることもできる。しかしながら、この場合、連続的に変化する光吸収分布を有する膜の成膜が困難であり、光吸収による熱や化学変化により膜材料の劣化を生じ易いという不都合があった。これに対し、第 7 実施例では、光吸収分布を利用しないので、結晶化に必要な強度の非常に大きい光を用いて結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。

【0083】

また、第 7 実施例では、2つの領域間の位相差、すなわち境界線 33 上の第 1 局部領域 34 における第 1 帯状領域 31 側の平均位相値と第 2 帯状領域 32 側の平均位相値との差によって逆ピークパターンの光強度分布 121 が形成される。したがって、図 13 に示すように、第 1 局部領域 34 に対応するように被処理基板 4 上に形成される低強度領域 36 が結晶成長方向（図中矢印の方向）に鋭角になり、非常に幅広い結晶粒 37 が生成され易くなるという利点がある。

【0084】

図 14 は、第 8 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 8 実施例では、第 7 実施例の位相変調素子 1 の第 1 帯状領域 31 に図 9 に示す第 4 実施例のラインアンドスペースパターンを適用し、第 2 帯状領域

32に図9に示す第4実施例と類似のラインアンドスペースパターンを適用している。図14を参照すると、第8実施例の位相変調素子1の第1帯状領域31を構成するラインアンドスペースパターンにおいても第2帯状領域32を構成するラインアンドスペースパターンにおいても、その中央においてデューティ比（ライン部の幅／ピッチ）が0%で、左右の周辺方向に向かってデューティ比が5%ずつ線形的に増大し、両側ではデューティ比が50%になっている。

【0085】

そして、第1帯状領域31のラインアンドスペースパターンでは、図中斜線部で示す各ライン部が第1の位相値 ϕ_1 （たとえば90度）を有し、図中空白部で示す各スペース部が第2の位相値 ϕ_2 （たとえば0度）を有する。一方、第2帯状領域32のラインアンドスペースパターンでは、図中斜線部で示す各ライン部が第3の位相値 ϕ_3 （たとえば-90度）を有し、図中空白部で示す各スペース部が第2の位相値 ϕ_2 （たとえば0度）を有する位相分布である。

【0086】

このように、第8実施例では、第1帯状領域31と第2帯状領域32とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成されている。そして、光強度分布の光強度の小さい部分に対応する境界線33上の第1局部領域34において、第1帯状領域31側の平均位相値（たとえば約45度）と第2帯状領域32側の平均位相値（たとえば約-45度）とが実質的に異なる。一方、光強度分布の光強度の大きい部分に対応する境界線33上の第2局部領域35において第1帯状領域31側の平均位相値（たとえば約0度）と第2帯状領域32側の平均位相値（たとえば約0度）とがほぼ等しい。位相変調素子1への入射光は、矢印31aで示すように図14において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子1の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子1を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングやFIBにより形成することができる。

【0087】

したがって、第8実施例では第7実施例と同様に、境界線33から十分に離れ

た第1帯状領域31および第2帯状領域32において位相の変化方向に沿って、図12(b)に示すような凹型パターンの光強度分布が得られる。また、境界線33に沿って、図12(c)に示すように、第1局部領域34に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成される。その結果、第8実施例においても、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。

【0088】

図15は、第8実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a)は等高線図を、(b)は(a)の線A-Aに沿った光強度分布を、(c)は境界線B-Bに沿った光強度分布をそれぞれ示している。この数値例では、第1の位相値 ϕ_1 を90度とし、第2の位相値 ϕ_2 を0度とし、第3の位相値 ϕ_3 を-90度と設定している。また、結像光学系3の像側開口数NAを0.13とし、照明シグマ値(照明系の開口数/結像光学系3の物体側開口数)を0.43と設定している。

【0089】

図15(b)に示す線A-Aに沿った光強度分布と図15(c)に示す境界線33に沿った(図15(a)の線B-Bに沿った)光強度分布とを比較すると、第1局部領域34に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成されていることがわかる。その結果、第8実施例の数値例では、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布が実際に得られていることがわかる。

【0090】

図16は、第9実施例を説明するための位相変調素子1の構成を概略的に示す図である。第9実施例では、第7実施例の位相変調素子1の第1帯状領域31に図11に示す第6実施例のラインアンドスペースパターンを適用し、第2帯状領域32に図11に示す第6実施例と類似のラインアンドスペースパターンを適用している。図16を参照すると、第9実施例の位相変調素子1の第1帯状領域31を構成するラインアンドスペースパターンにおいても第2帯状領域32を構成するラインアンドスペースパターンにおいても、その全体に亘ってデューティ比

(ライン部の幅／ピッチ) が 50% で一定である。

【0091】

そして、第1帯状領域31のラインアンドスペースパターンでは、その中央においてライン部の位相値 ϕ_1 が最もスペース部の位相に近く、両側のライン部の位相値 ϕ_{11} が最もスペース部の位相と異なり、その間でライン部の位相値が単調に変化している。具体的には、位相値 ϕ_1 は0度であり、位相値 ϕ_2 は25.9度であり、位相値 ϕ_3 は36.9度であり、位相値 ϕ_4 は45.6度であり、位相値 ϕ_5 は53.2度であり、位相値 ϕ_6 は60.0度であり、位相値 ϕ_7 は66.5度であり、位相値 ϕ_8 は72.6度であり、位相値 ϕ_9 は78.5度であり、位相値 ϕ_{10} は84.3度であり、位相値 ϕ_{11} は90.0度である。

【0092】

一方、第2帯状領域32のラインアンドスペースパターンでは、その中央においてライン部の位相値 ϕ_{-1} が最もスペース部の位相に近く、両側のライン部の位相値 ϕ_{-11} が最もスペース部の位相と異なり、その間でライン部の位相値が単調に変化している。具体的には、位相値 ϕ_{-1} は0度であり、位相値 ϕ_{-2} は-25.9度であり、位相値 ϕ_{-3} は-36.9度であり、位相値 ϕ_{-4} は-45.6度であり、位相値 ϕ_{-5} は-53.2度であり、位相値 ϕ_{-6} は-60.0度であり、位相値 ϕ_{-7} は-66.5度であり、位相値 ϕ_{-8} は-72.6度であり、位相値 ϕ_{-9} は-78.5度であり、位相値 ϕ_{-10} は-84.3度であり、位相値 ϕ_{-11} は-90.0度である。ただし、第1帯状領域31を構成するラインアンドスペースパターンにおいても第2帯状領域32を構成するラインアンドスペースパターンにおいても、各スペース部の位相値はすべて0度である。

【0093】

このように、第9実施例では、第1帯状領域31と第2帯状領域32とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成されている。そして、光強度分布の光強度の小さい部分に対応する境界線33上の第1局部領域34において、第1帯状領域31側の平均位相値（たとえば約45度）と第2帯状領域32側の平均位相値（たとえば約-45度）とが実質的に異なる。一方、

光強度分布の光強度の大きい部分に対応する境界線 33 上の第 2 局部領域 35 において第 1 帯状領域 31 側の平均位相値（たとえば約 0 度）と第 2 帯状領域 32 側の平均位相値（たとえば約 0 度）とがほぼ等しい。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 31a で示すように図 16 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0094】

したがって、第 9 実施例では第 7 実施例と同様に、境界線 33 から十分に離れた第 1 帯状領域 31 および第 2 帯状領域 32 において位相の変化方向に沿って、図 12 (b) に示すような凹型パターンの光強度分布が得られる。また、境界線 33 に沿って、図 12 (c) に示すように、第 1 局部領域 34 に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成される。その結果、第 9 実施例においても、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。

【0095】

図 17 は、第 9 実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a) は等高線図を、(b) は (a) の線 A-A に沿った光強度分布を、(c) は境界線 B-B に沿った光強度分布をそれぞれ示している。この数値例では、位相値 $\phi_1 \sim \phi_{11}$ および $\phi_{-1} \sim \phi_{-11}$ をそれぞれ上述のように設定している。また、結像光学系 3 の像側開口数 NA を 0.13 とし、照明シグマ値を 0.43 と設定している。

【0096】

図 17 (b) に示す線 A-A に沿った光強度分布と図 17 (c) に示す境界線 33 に沿った (図 17 (a) の線 B-B に沿った) 光強度分布とを比較すると、第 1 局部領域 34 に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成されていることがわかる。その結果、第 9 実施例の数値例では、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布が実際に

得られていることがわかる。

【0097】

図18は、第10実施例を説明するための位相変調素子1の基本構成を模式的に示す図である。図18(a)を参照すると、第10実施例の位相変調素子1は、所定の位相分布を有し且つ位相の変化方向(図中水平方向)に沿って延びた帯状領域41を有する。そして、帯状領域41の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲とは実質的に異なる位相値を有する孤立領域42が設けられている。孤立領域42は、結像光学系3の点像分布範囲Rの半径 $R/2$ よりも光学的に小さいサイズで位相差が大の領域である。

【0098】

第10実施例では、図18(b)に示すように、孤立領域42から十分に離れた領域において位相の変化方向に沿って、たとえば各孤立領域42を最小値とし、孤立領域42間の中間位置を最大値とし、矢印41aで示す方向に直線的に下り勾配で変化する。V字型の形態を有する凹型パターンの光強度分布が得られる。一方、図18(c)に示す孤立領域42を含む断面に沿った光強度分布を参照すると、孤立領域42の位相値とその周囲の位相値とが実質的に異なるので、孤立領域42の作用により孤立領域42に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成される。図18(b)に示すV字型光分布パターンを得るための位相変調素子1の位相分布は、例えば図11(a)に示すパターンにすればよい。位相変調素子1への入射光は、矢印41bで示すように図18において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子1の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子1を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングやFIBにより形成することができる。

【0099】

こうして、第10実施例においても第7実施例と同様に、たとえばV字型の形態を有する凹型パターンの光強度分布181と、この凹型パターンの光強度分布181で光強度の小さい部分における逆ピークパターンの光強度分布182との合成光強度分布、すなわち図18(c)に示す凹型パターン+逆ピークパターン

の合成光強度分布 183 が得られる。その結果、結晶成長の開始点を逆ピークパターンの光強度分布の中心へ極力近づけて大粒径の結晶粒を生成することが可能になるとともに、結晶生成位置を二次元的に位置制御することができる。逆ピークパターン 182 を例えば種結晶位置に位置合わせして結晶化することにより、大粒径のラテラル成長した結晶化を行うことができる。孤立領域 42 は、方形状に限らず円形状三角形など何れでもよい。

【0100】

図 19 は、第 11 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 11 実施例では、第 10 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 42 に図 9 に示す第 4 実施例のラインアンドスペースパターンと類似のラインアンドスペースパターンを適用している。図 19 を参照すると、第 11 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 を構成するラインアンドスペースパターンでは、その中央においてデューティ比（ライン部の幅／ピッチ）が 100% で、周辺に向かってデューティ比が 5% ずつ線形的に減少し、両側ではデューティ比が 50% になっている。

【0101】

そして、図中斜線部で示す各ライン部が第 1 の位相値 ϕ_1 （たとえば 90 度）を有し、図中空白部で示す各スペース部が第 2 の位相値 ϕ_2 （たとえば 0 度）を有し、孤立領域 42 が第 3 の位相値 ϕ_3 （たとえば 225 度）を有する。このように、第 11 実施例では、孤立領域 42 が、帯状領域 41 の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して配置され、周囲とは実質的に異なる位相値を有する。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41b で示すように図 19 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0102】

したがって、第 11 実施例では第 10 実施例と同様に、孤立領域 42 から十分に離れた領域において位相の変化方向に沿って、図 19 (b) に示すような凹型

パターンの光強度分布が得られる。また、孤立領域 42 を含む断面に沿って、図 19 (c) に示すように、孤立領域 42 に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成される。その結果、第 11 実施例においても、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。

【0103】

図 20 は、第 11 実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a) は等高線図を、(b) は (a) の線 A-A に沿った光強度分布を、(c) は (a) の線 B-B に沿った光強度分布をそれぞれ示している。この数値例では、第 1 の位相値 $\phi 1$ を 90 度とし、第 2 の位相値 $\phi 2$ を 0 度とし、第 3 の位相値 $\phi 3$ を 225 度と設定している。また、結像光学系 3 の像側開口数 NA を 0.13 とし、照明シグマ値を 0.43 と設定している。

【0104】

図 20 (b) に示す線 A-A に沿った光強度分布と図 20 (c) に示す孤立領域 42 を含む断面に沿った (図 20 (a) の線 B-B に沿った) 光強度分布とを比較すると、孤立領域 42 に対応する光強度の小さい部分において逆ピークパターン状の光強度の落ち込みが形成されていることがわかる。その結果、第 11 実施例の数値例では、結晶化に適した凹型パターン+逆ピークパターンの光強度分布が実際に得られていることがわかる。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41 b で示すように図 19 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0105】

図 21 は、第 12 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 12 実施例では、第 7 実施例の位相変調素子 1 の第 1 帯状領域 31 および第 2 帯状領域 32 に、図 6 に示す第 1 実施例のパターンを適用している。図 21 (a) を参照すると、第 12 実施例の位相変調素子 1 の第 1 帯状領域 3

1を構成するパターンでは、図中斜線部で示す矩形形状の領域が例えば90度の位相値を有し、図中空白部で示す領域が例えば0度の位相値を有する。一方、第2帯状領域32を構成するパターンでは、図中斜線部で示す矩形形状の領域が例えば-90度の位相値を有し、図中空白部で示す領域が例えば0度の位相値を有する。位相変調素子1のA-A領域での凸型パターンの光強度分布は、図21(b)に示されている。B-B領域での光強度分布は、図21(c)に示されている。

【0106】

このように、第12実施例では、第1帯状領域31と第2帯状領域32とは、対応して形成される光強度分布が互いにほぼ同じになるように構成されている。そして、光強度分布の光強度の小さい部分に対応する境界線33上の第1局部領域34において、第1帯状領域31側の平均位相値（たとえば約45度）と第2帯状領域32側の平均位相値（たとえば約-45度）とが実質的に異なる。一方、光強度分布の光強度の大きい部分に対応する境界線33上の第2局部領域35において第1帯状領域31側の平均位相値（たとえば約0度）と第2帯状領域32側の平均位相値（たとえば約0度）とがほぼ等しい。位相変調素子1への入射光は、矢印31aで示すように図21において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子1の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第1および第2の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 が形成されるように選択することにより位相変調素子1を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングやFIBにより形成することができる。

【0107】

図22は、第13実施例を説明するための位相変調素子1の構成を概略的に示す図である。第13実施例では、第10実施例の位相変調素子1の帯状領域41に、図6に示す第1実施例のパターンを適用している。図22を参照すると、第13実施例の位相変調素子1の帯状領域41を構成するパターンでは、図中斜線部で示す矩形形状の領域が例えば90度の位相値を有し、図中空白部で示す領域が例えば0度の位相値を有する。そして、帯状領域41の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲とは実質的に異なる位相値（例えば225度）を有する孤立領域42が設けられている。図22(a)に示す位

相変調素子 1 の A-A 領域での光強度分布を図 22 (b) に示し、B-B 領域での光強度分布を図 22 (c) に示す。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41b で示すように図 22 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0108】

図 23 は、第 14 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 14 実施例では、第 10 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 に、図 9 に示す第 4 実施例のパターンを適用している。図 23 を参照すると、第 14 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 を構成するパターンでは、図中斜線部で示すライン部が例えば 90 度の位相値を有し、図中空白部で示すスペース部が例えば 0 度の位相値を有する。そして、帯状領域 41 の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲とは実質的に異なる位相値（例えば 225 度）を有する孤立領域 42 が設けられている。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41b で示すように図 23 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 ϕ_1 、 ϕ_2 が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0109】

図 24 は、第 15 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 15 実施例では、第 10 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 に、図 11 に示す第 6 実施例のパターンを適用している。図 24 を参照すると、第 15 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 を構成するパターンでは、図中斜線部で示すライン部の位相値が例えば 0 度～90 度の間でライン部毎に変化し、図中空白部で示すスペース部が例えば 0 度の位相値を有する。そして、帯状領域 41 の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲

とは実質的に異なる位相値（例えば 225 度）を有する孤立領域 42 が設けられている。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41b で示すように図 24 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを所望の位相値分布が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0110】

図 25 は、第 16 実施例を説明するための位相変調素子 1 の構成を概略的に示す図である。第 16 実施例では、第 10 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 に、図 8 に示す第 3 実施例に類似のパターンを適用している。図 25 を参照すると、第 16 実施例の位相変調素子 1 の帯状領域 41 を構成するパターンでは、図中斜線部で示す短冊状領域の位相値が例えば 90 度の位相値を有し、図中空白部で示す領域が例えば 0 度の位相値を有する。そして、帯状領域 41 の作用により形成される光強度分布の光強度の小さい部分に対応して、周囲とは実質的に異なる位相値（例えば 225 度）を有する孤立領域 42 が設けられている。位相変調素子 1 への入射光は、矢印 41b で示すように図 25 において、紙面の上面から裏面方向に透過する。この位相変調素子 1 の製造は、例えば石英ガラスに厚さを第 1 および第 2 の位相値 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ が形成されるように選択することにより位相変調素子 1 を製造することができる。石英ガラスの厚さの変化は、選択エッチングや FIB により形成することができる。

【0111】

なお、以上の説明においては、位相変調素子 1 は有限個の位相値をとる場合を示したが、位相値は連続的に変化してもよい。たとえば、今まで述べた実施例における位相変調素子 1 の段差のついた分布を、任意の補間処理を行い滑らかにした曲面に置き換えても同等の効果が得られる。また、位相変調素子 1 は、通常の位相シフトマスクの作製技術を用いて、位相値に対応する凹凸形状により実現できる。また、凹凸形状以外に材料の屈折率の分布により実現してもよい。また、液晶素子やマイクロマシン技術による素子を用いて、可変できる位相変調素子 1 を実現しても良い。

なお、上述の実施形態において、光強度分布は設計の段階でも計算できるが、実際の被処理面での光強度分布を観察して確認しておくことが望ましい。そのためには、被処理基板 4 の被処理面を光学系で拡大し、CCD などの撮像素子で入力すれば良い。使用光が紫外線の場合は、光学系が制約を受けるため、被処理面に蛍光板を設けて可視光に変換しても良い。また、上述の実施形態では、位相変調素子 1 について具体的な構成例を例示したが、位相変調素子 1 の構成については本発明の範囲内において様々な変形例が可能である。

【0112】

図 26 は、本実施形態の結晶化装置を用いて結晶化された領域に電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。図 26 (a) に示すように、絶縁基板 80 (例えば、アルカリガラス、石英ガラス、プラスチック、ポリイミドなど) の上に、下地膜 81 (例えば、膜厚 50 nm の SiN および膜厚 100 nm の SiO₂ 積層膜など) および非晶質半導体膜 82 (例えば、膜厚 50 nm ~ 200 nm 程度の Si, Ge, SiGe など) を、化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜した被処理基板 4 を準備する。そして、各実施形態により、図 1 に示す結晶化装置を用いて、図 6 ~ 図 25 の例えば図 6 に示す位相変調素子 1 で非晶質半導体膜 82 の表面の一部もしくは全部例えば予め定められた領域に、レーザー光 83 (例えば、KrF エキシマレーザー光や XeCl エキシマレーザー光など) を照射する。

【0113】

こうして、図 26 (b) に示すように、大粒径の結晶を有する多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜 84 が生成される。次に、図 26 (c) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜 84 を例えば薄膜トランジスタを形成するための領域となる島状の半導体膜 85 に加工し、表面にゲート絶縁膜 86 として膜厚 20 nm ~ 100 nm の SiO₂ 膜を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜する。さらに、図 26 (d) に示すように、ゲート絶縁膜上にゲート電極 87 (例えば、シリサイドや MoW など) を形成し、ゲート電極 87 をマスクにして不純物イオン 88 (N チャネルトランジスタの場合にはリン、P チャネルトランジスタの場合にはホウ素) をイオン注

入する。その後、窒素雰囲気中でアニール処理（例えば、 450°C で1時間）を行い、不純物を活性化して島状の半導体膜85にソース領域91、ドレイン領域92を形成する。次に、図26（e）に示すように、層間絶縁膜89を成膜してコンタクト穴をあけ、チャネル90でつながるソース91およびドレイン92に接続するソース電極93およびドレイン電極94を形成する。

【0114】

以上の工程において、図26（a）および（b）に示す工程で生成された多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84の大粒径結晶の位置に合わせて、チャネル90を形成する。以上の工程により、多結晶トランジスタまたは単結晶化半導体に薄膜トランジスタ（TF T）を形成することができる。こうして製造された多結晶トランジスタまたは単結晶化トランジスタは、液晶表示装置（ディスプレイ）やEL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイなどの駆動回路や、メモリ（SRAMやDRAM）やCPUなどの集積回路などに適用可能である。

【0115】

次に、液晶表示装置に適用した実施形態を説明する。

以下、TF Tを備えた表示装置の形成方法について説明する。図27および図28は、表示装置220、例えばアクティブマトリックス型の液晶表示装置を示している。以下、表示装置220を液晶表示装置という。なお、図中符号230がTF Tである。

まず、液晶表示装置220について説明する。液晶表示装置220は、前後一对の透明基体221、222、液晶層223、画素電極224、走査配線225、信号配線226、対向電極227、及びTF T230等を備えている。

【0116】

一对の透明基体221、222としては、例えば一对のガラス板を用いることができる。これら透明基体221、222は、図示しない枠状のシール材を介して接合されている。液晶層223は、一对の透明基体221、222の間のシール材により囲まれた領域に設けられている。

一对の透明基体221、222のうちの一方の透明基体、例えば後側の透明基体222の内面には、行方向および列方向にマトリックス状に設けられた複数の

画素電極 224 と、複数の画素電極 224 と夫々電氣的に接続された複数の TFT230 と、複数の TFT230 と電氣的に接続された走査配線 225 及び信号配線 226 とが設けられている。

【0117】

走査配線 225 は、画素電極 224 の行方向に夫々沿わせて設けられている。これら走査配線 225 の一端は、後側の透明基体 222 の一側縁部に設けられた複数の走査配線端子（図示せず）に夫々接続されている。複数の走査配線端子は夫々走査線駆動回路 241 に接続されている。

一方、信号配線 226 は、画素電極 224 の列方向に夫々沿わせて設けられている。これら信号配線 226 の一端は、後側の透明基体 222 の一端縁部に設けられた複数の信号配線 226 端子（図示せず）に夫々接続されている。複数の信号配線 226 端子は夫々信号線駆動回路 242 に接続されている。走査線駆動回路 241 および信号線駆動回路 242 は夫々液晶コントローラ 243 に接続されている。液晶コントローラ 243 は、例えば外部から供給される画像信号及び同期信号を受け取り、画素映像信号 Vpix、垂直同期制御信号 YCT、及び水平走査制御信号 XCT を発生する。

【0118】

他方の透明基体である前側の透明基体 221 の内面には、複数の画素電極 224 に対向する一枚膜状の透明な対向電極 227 が設けられている。また、前側の透明基体 221 の内面には、複数の画素電極 224 と対向電極 227 とが互いに対向する複数の画素部に対応させてカラーフィルタを設けるとともに、前記画素部の間の領域に対応させて遮光膜を設けてもよい。

一対の透明基体 221、222 の外側には、図示しない偏光板が設けられている。また、透過型の液晶表示装置 220 では、後側の透明基体 222 の後側に図示しない面光源が設けられている。なお、液晶表示装置 220 は、反射型或いは半透過反射型であってもよい。

【0119】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の結晶化装置および結晶化方法では、位相変調素

子が結像光学系の点像分布範囲 R の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有するので、結像光学系の点像分布範囲 R に光学的に対応する単位範囲における複数の単位ベクトルの組み合わせを適宜変化させることにより、形成される光強度分布を解析的に且つ簡単な計算にしたがって制御することが可能である。その結果、本発明では、たとえば中央において光強度が最も小さく且つ周辺に向かって光強度が増大するような凹型パターンの光強度分布に基づいて、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】

図 1 の照明系の内部構成を概略的に示す図である。

【図 3】

本発明の基本原理を説明する図である。

【図 4】

点像分布範囲内での位相の変化と光強度との典型的な関係を示す図である。

【図 5】

結像光学系における瞳関数と点像分布関数との関係を示す図である。

【図 6】

第 1 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 7】

第 2 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 8】

第 3 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 9】

第 4 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 10】

第 5 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 1 1】

第 6 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 1 2】

第 7 実施例を説明するための位相変調素子の基本構成を模式的に示す図である。

【図 1 3】

第 7 実施例の利点の 1 つを説明する図である。

【図 1 4】

第 8 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 1 5】

第 8 実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a) は等高線図を、(b) は (a) の線 A-A に沿った光強度分布を、(c) は境界線 B-B に沿った光強度分布をそれぞれ示している。

【図 1 6】

第 9 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 1 7】

第 9 実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a) は等高線図を、(b) は (a) の線 A-A に沿った光強度分布を、(c) は境界線 B-B に沿った光強度分布をそれぞれ示している。

【図 1 8】

第 10 実施例を説明するための位相変調素子の基本構成を模式的に示す図である。

【図 1 9】

第 11 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 0】

第 11 実施例の数値例において得られる光強度分布を示す図であって、(a) は等高線図を、(b) は (a) の線 A-A に沿った光強度分布を、(c) は (a) の線 B-B に沿った光強度分布をそれぞれ示している。

【図 2 1】

第 1 2 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 2】

第 1 3 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 3】

第 1 4 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 4】

第 1 5 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 5】

第 1 6 実施例を説明するための位相変調素子の構成を概略的に示す図である。

【図 2 6】

本実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。

【図 2 7】

表示装置、例えばアクティブマトリックス型の液晶表示装置を示す図である。

【図 2 8】

表示装置、例えばアクティブマトリックス型の液晶表示装置を示す図である。

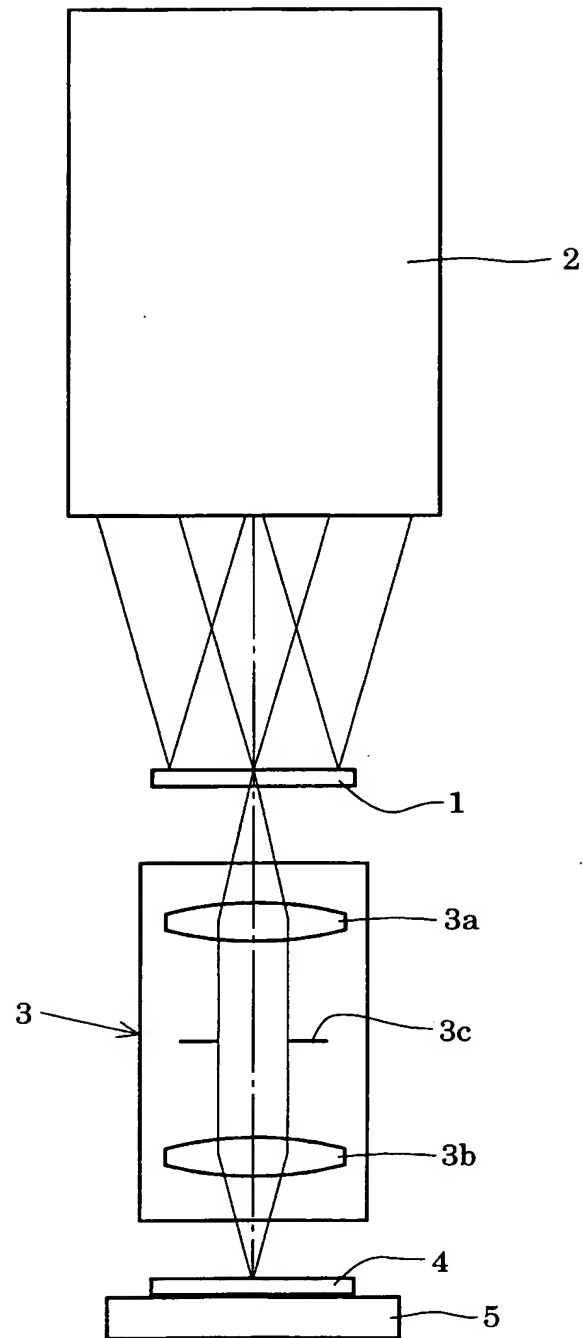
【符号の説明】

- 1 位相変調素子
- 2 照明系
 - 2 a KrFエキシマレーザー光源
 - 2 b ビームエキスパンダ
 - 2 c, 2 e フライアイレンズ
 - 2 d, 2 f コンデンサー光学系
- 3 結像光学系
 - 3 c 開口絞り
- 4 被処理基板
- 5 基板ステージ

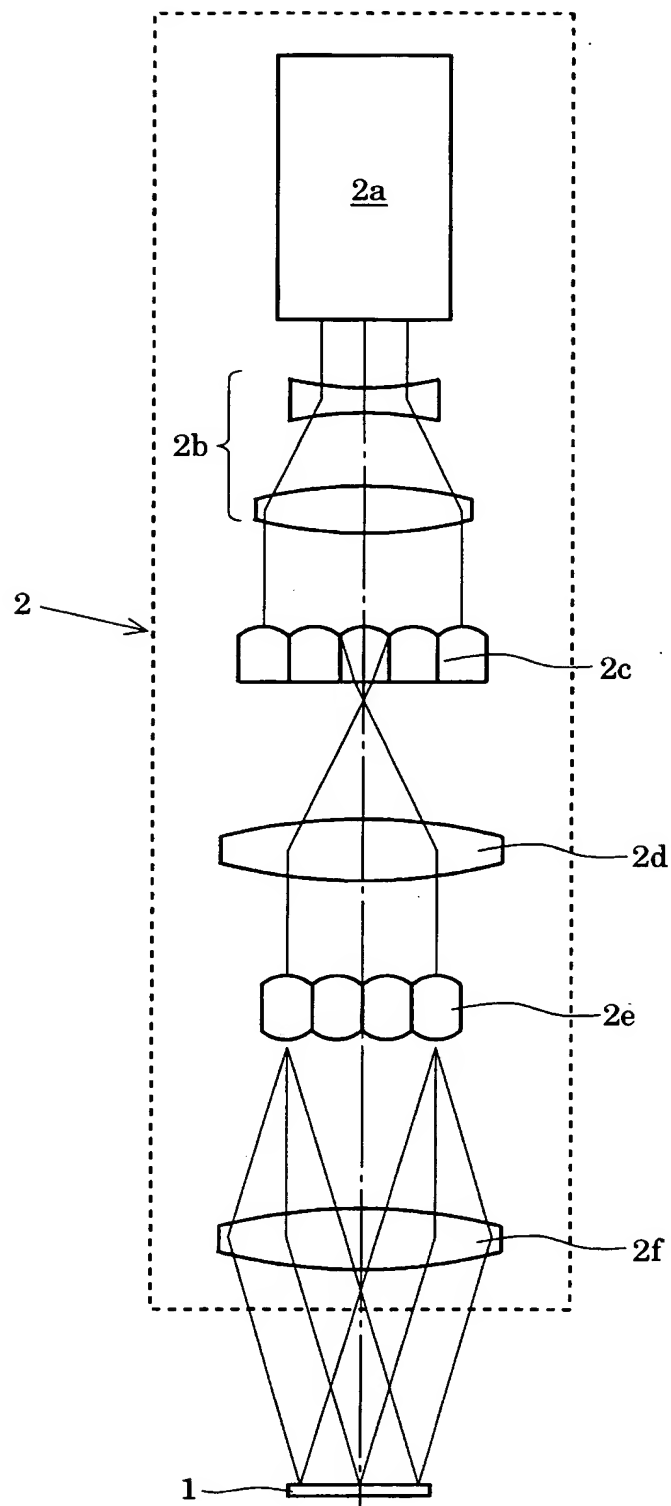
【書類名】

図面

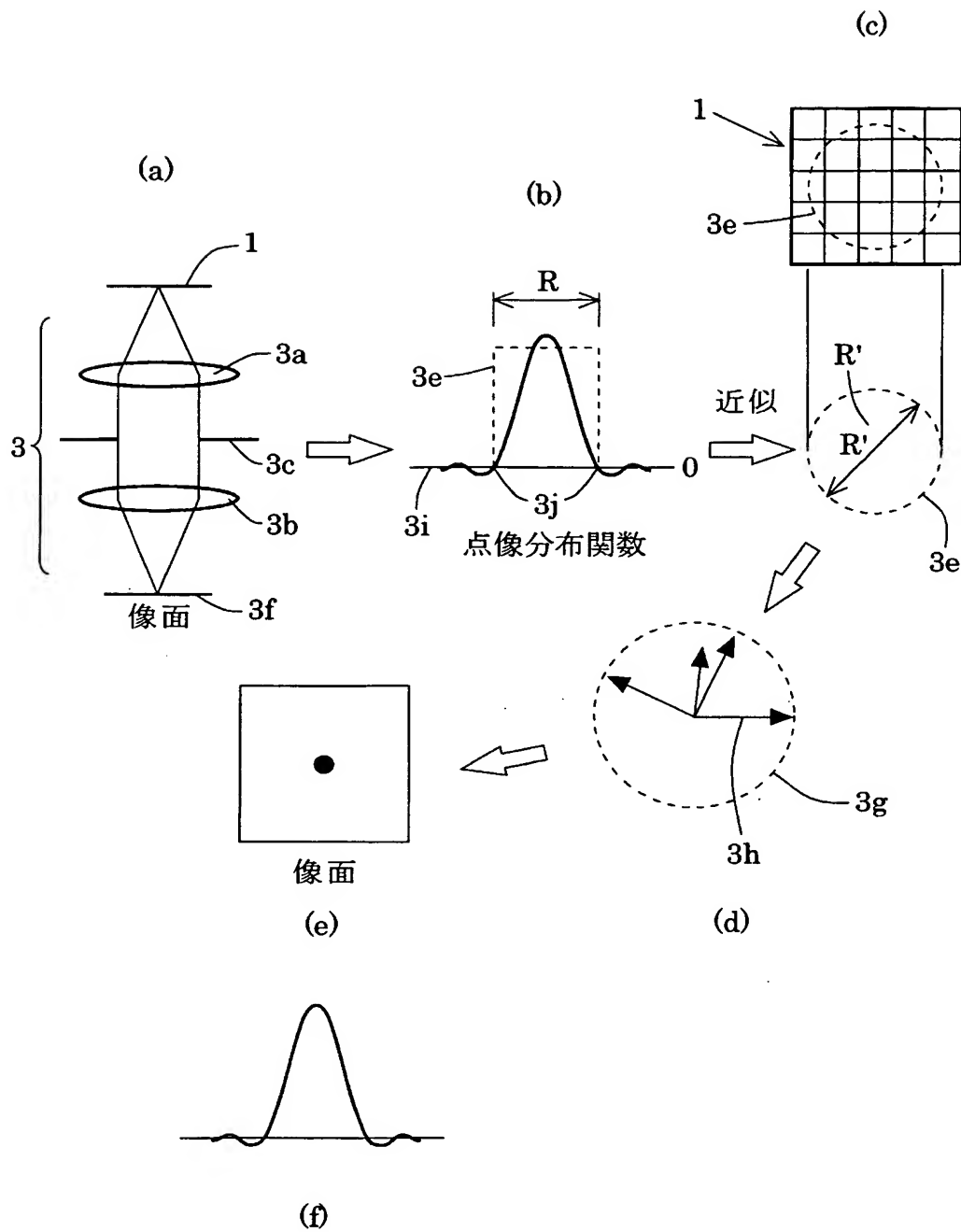
【図 1】



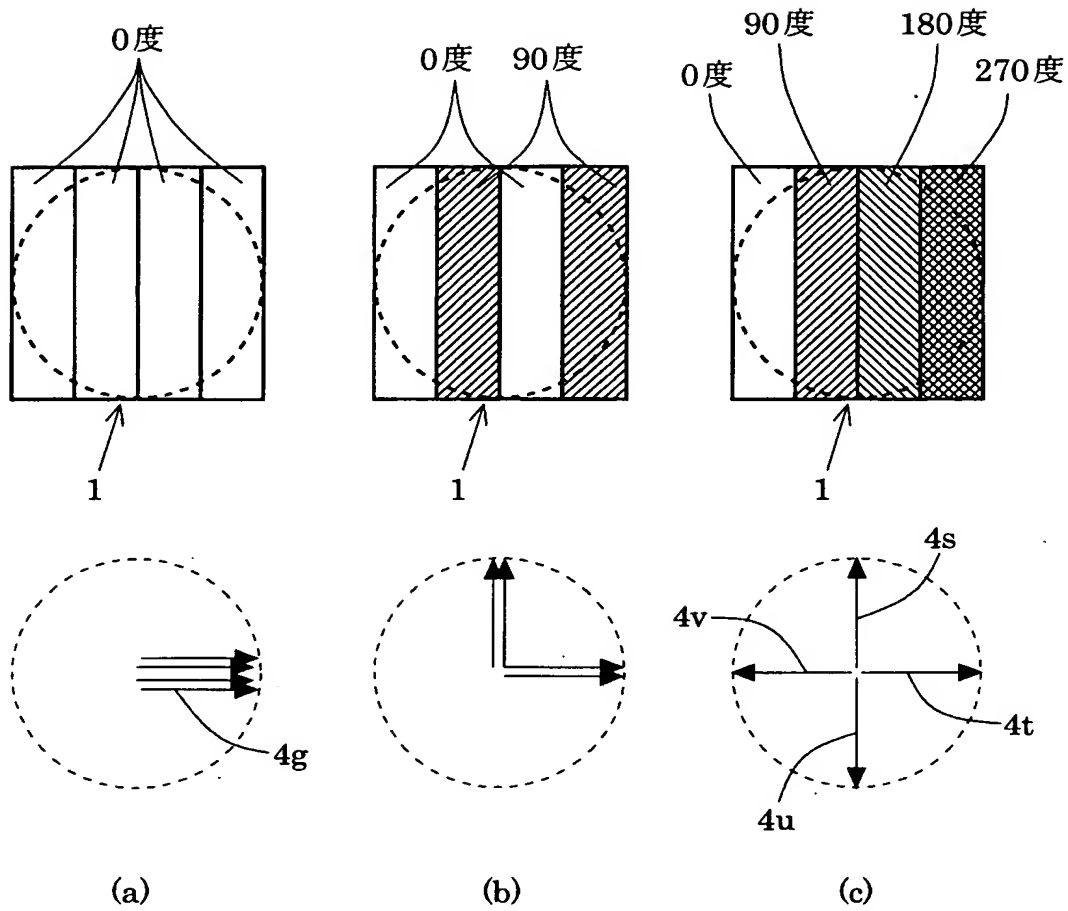
【図 2】



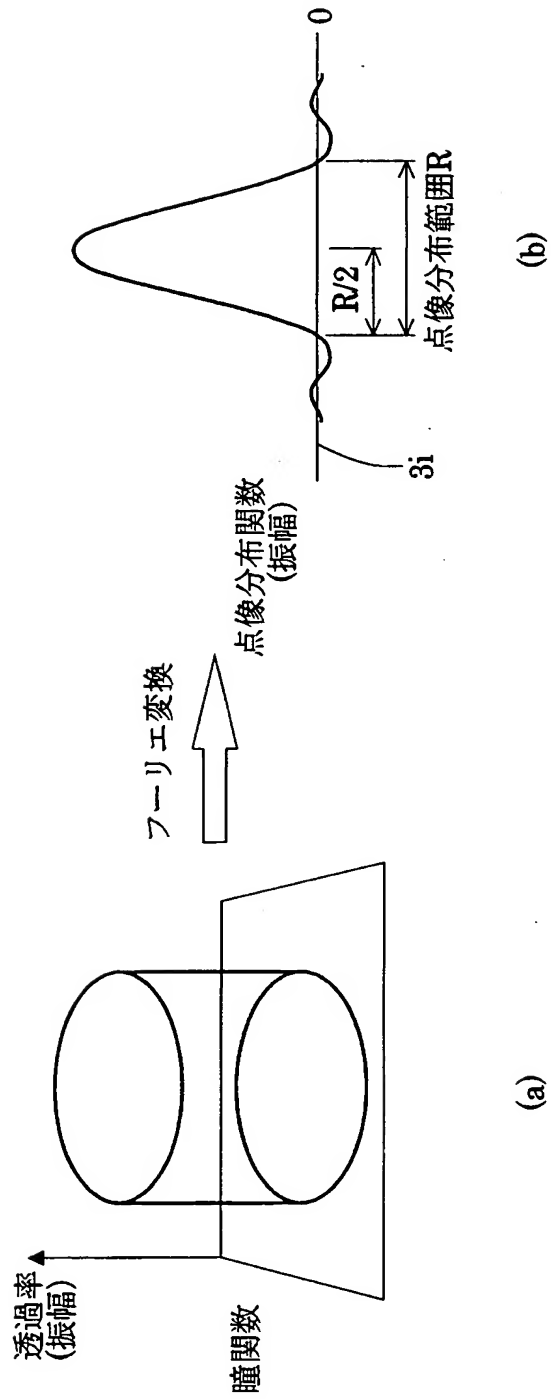
【図 3】



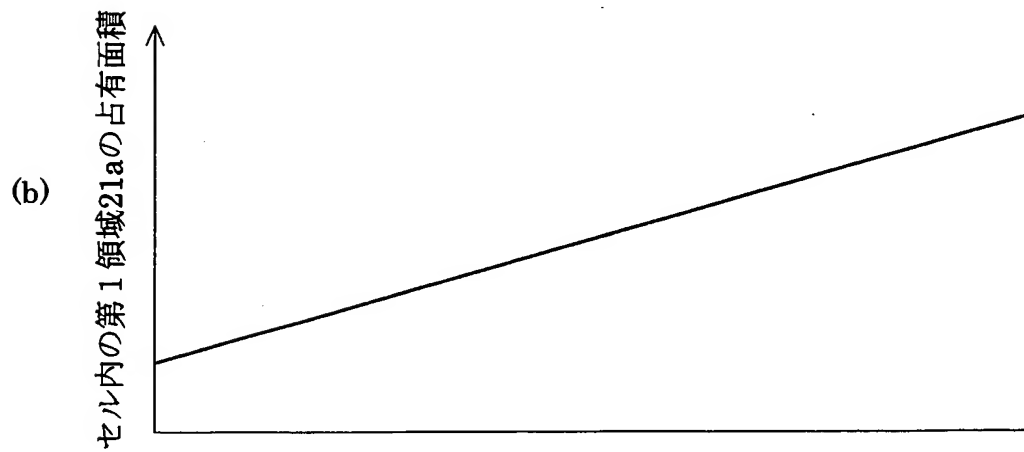
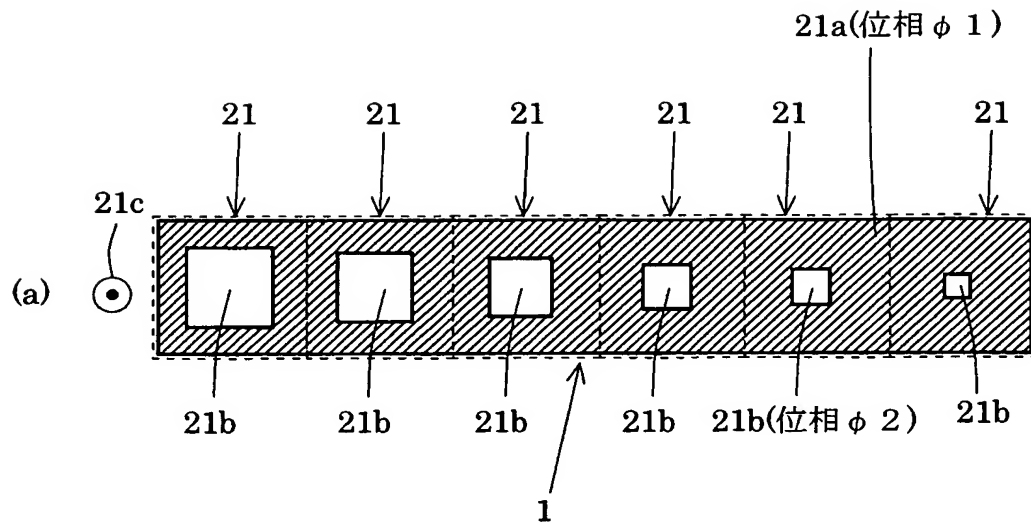
【図 4】



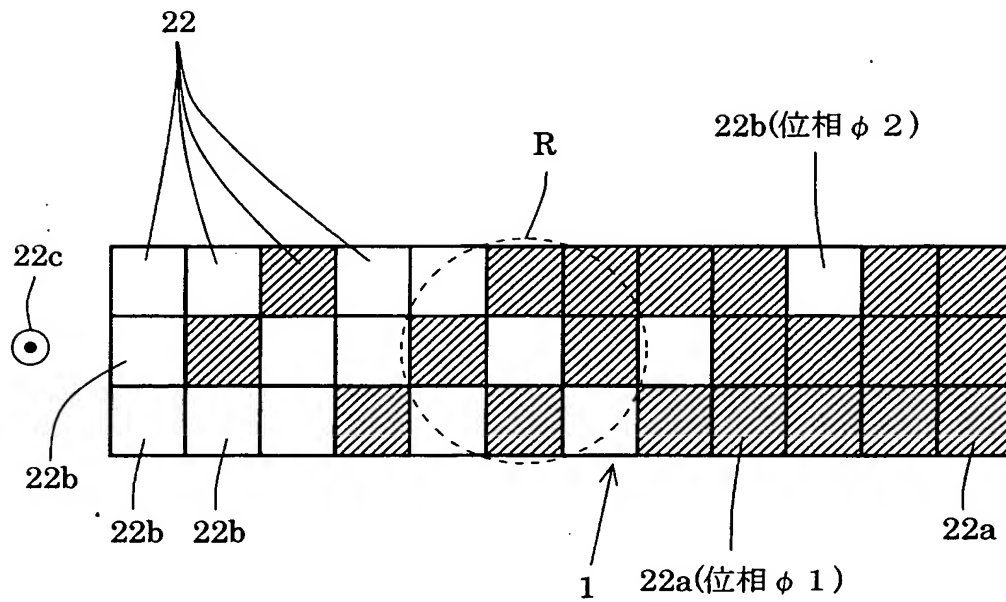
【図 5】



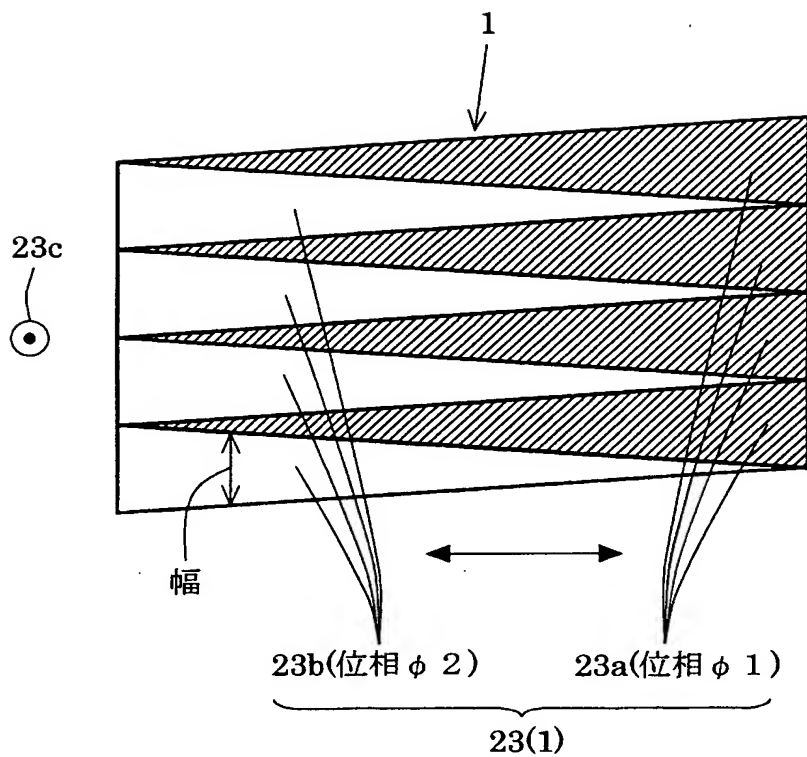
【図 6】



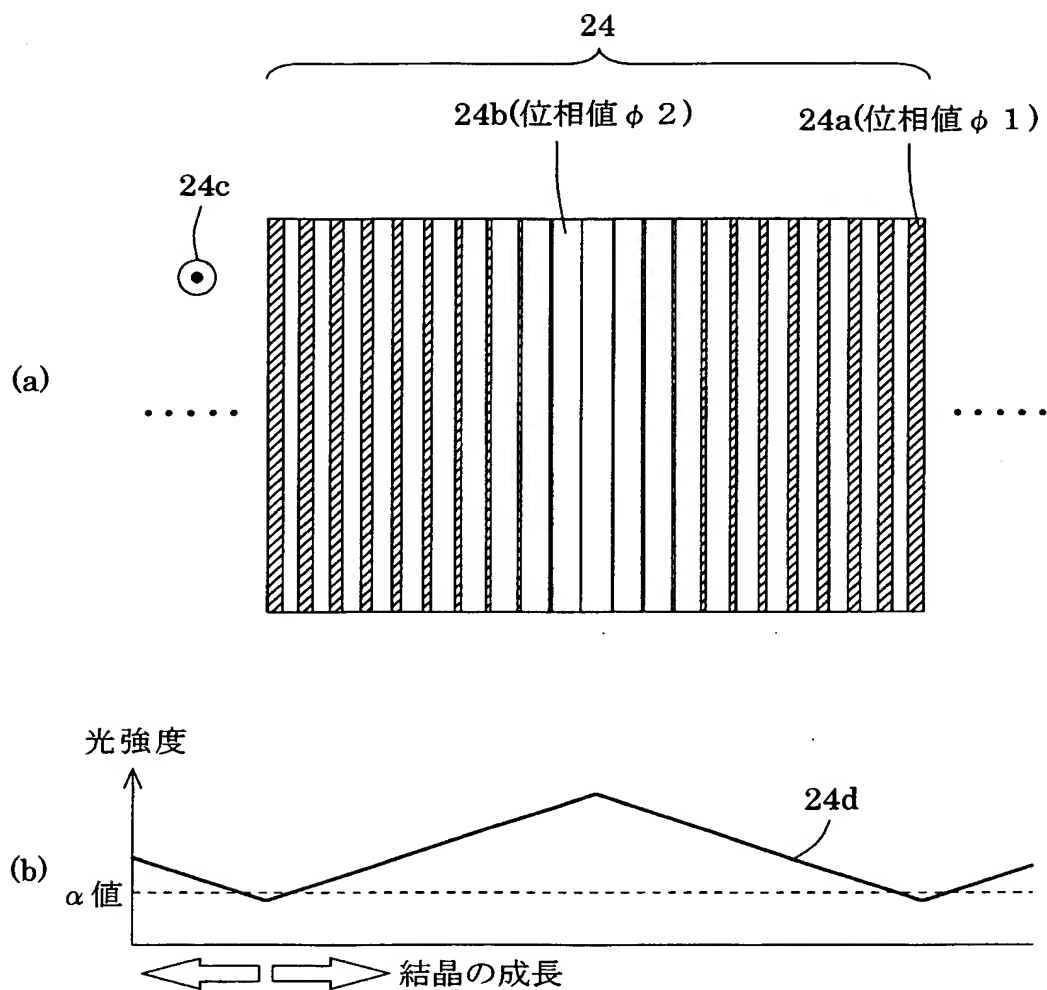
【図 7】



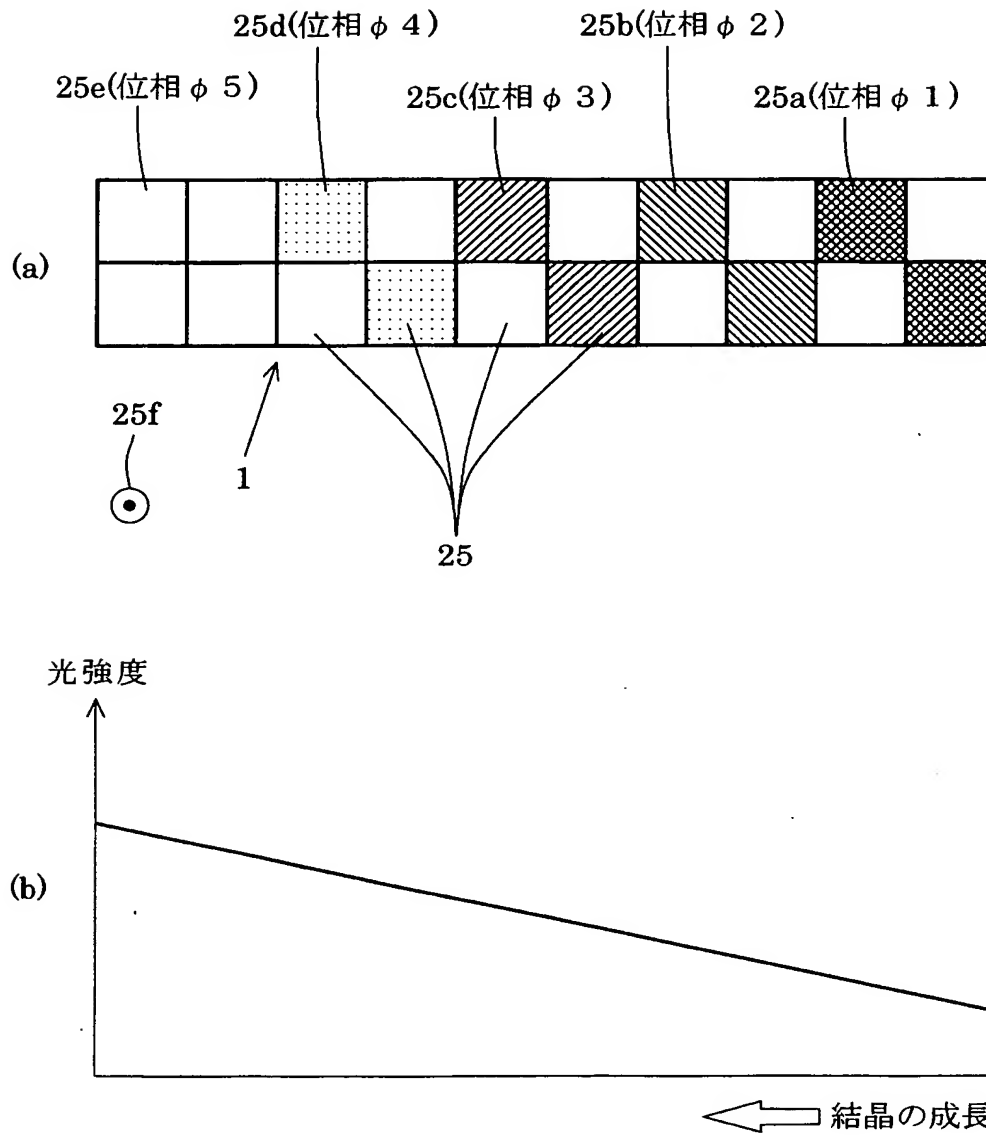
【図 8】



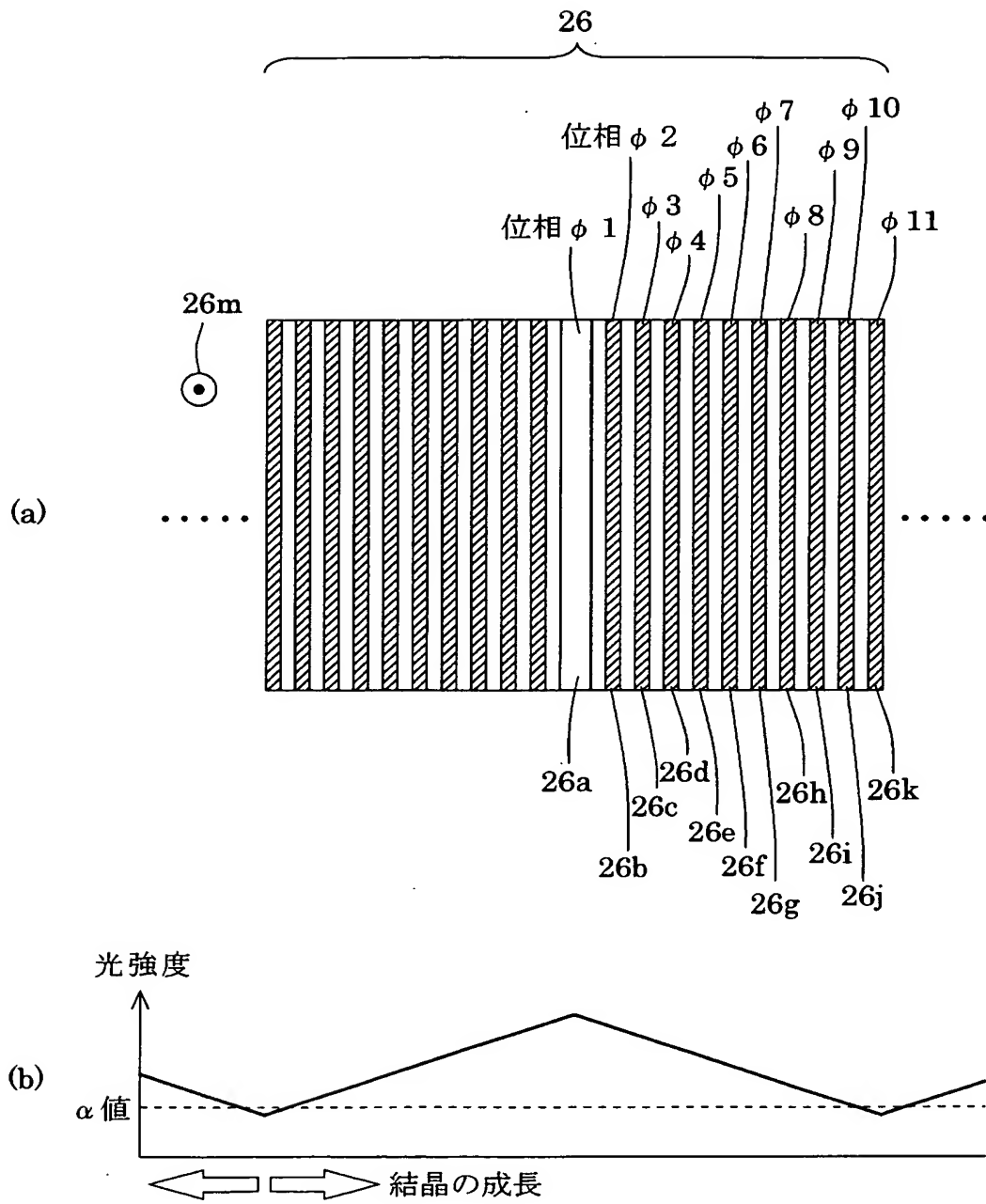
【図 9】



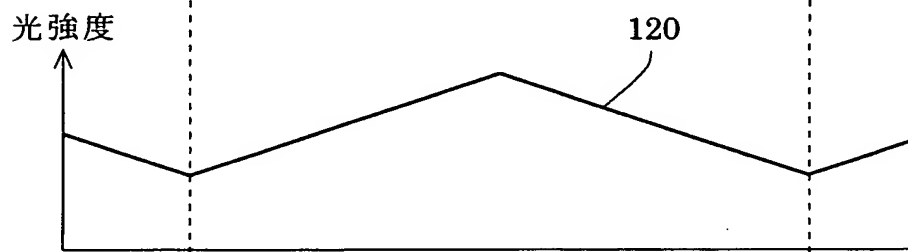
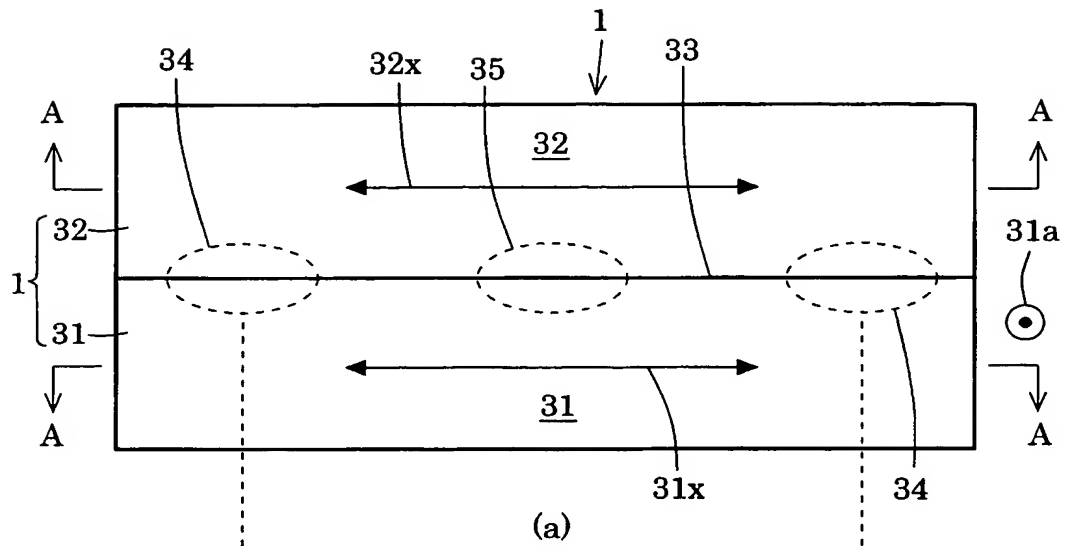
【図 10】



【図 11】

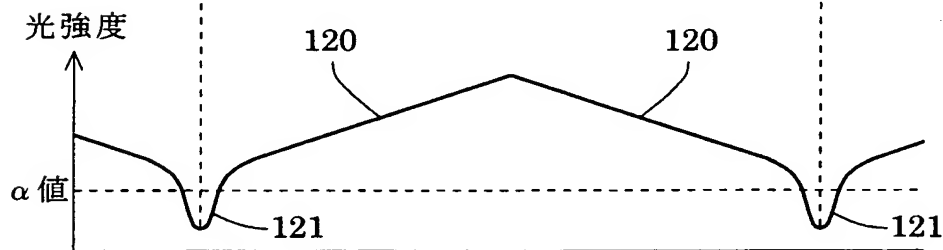


【図 12】



A-A断面に沿った光強度分布

(b)

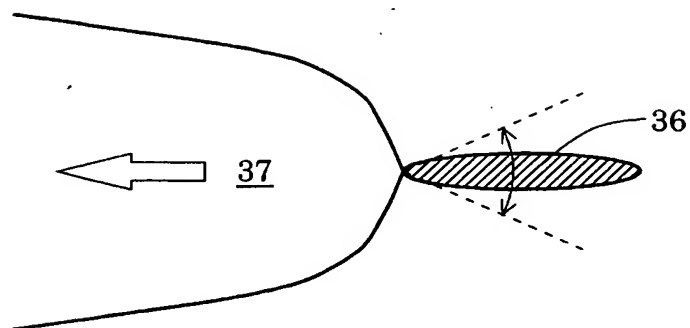


結晶の成長

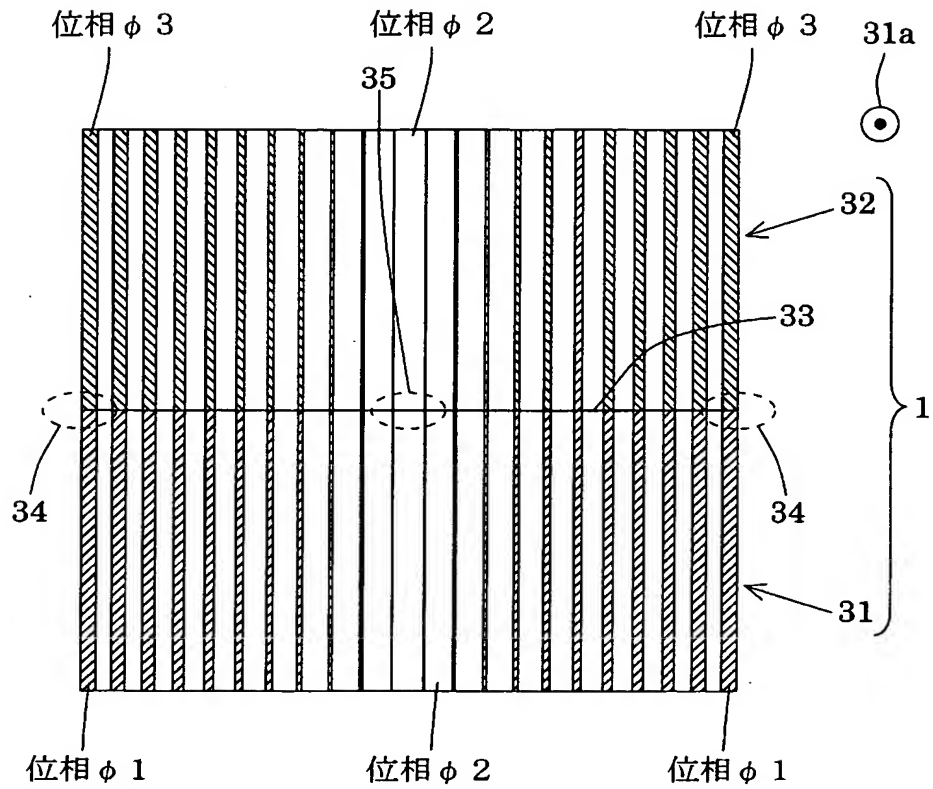
境界線に沿った光強度分布

(c)

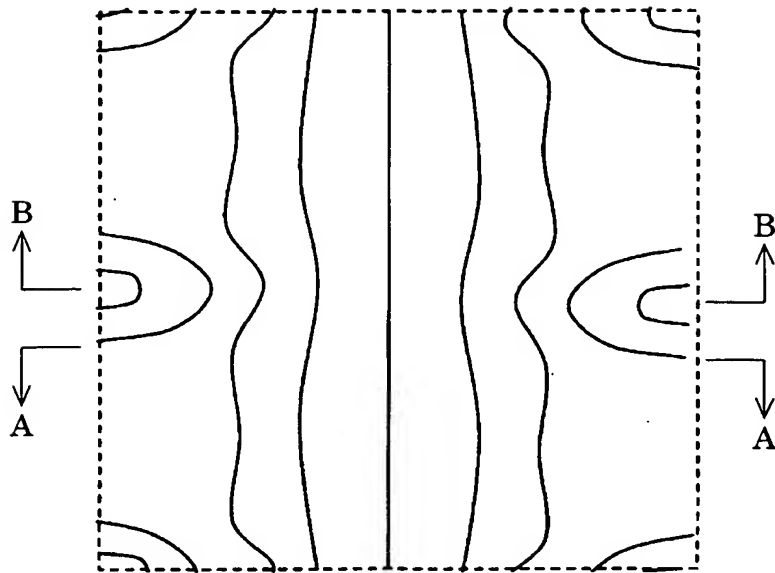
【図 13】



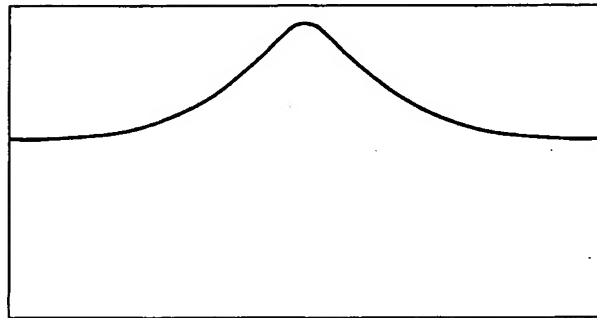
【図 14】



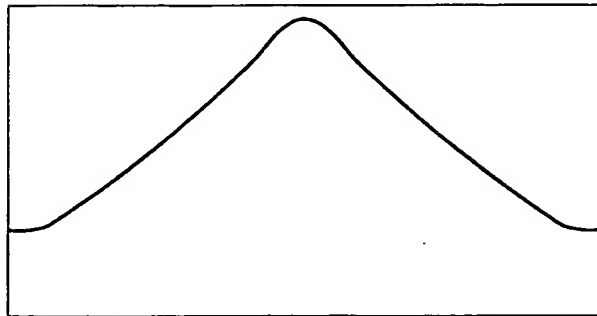
【図 15】



(a)

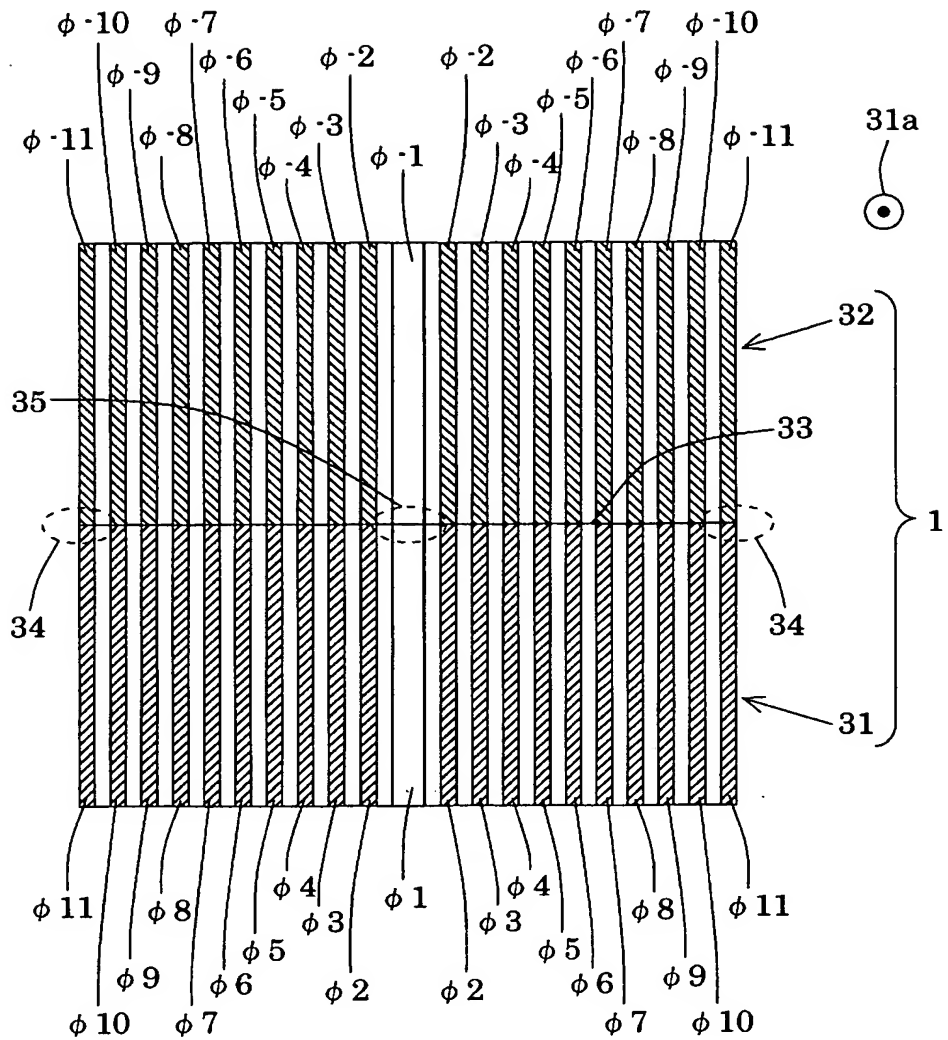


(b)

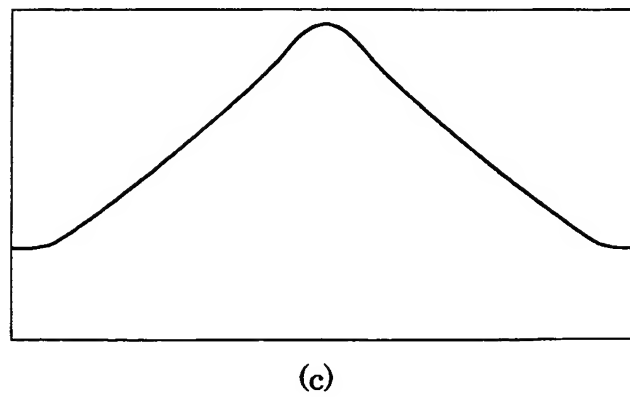
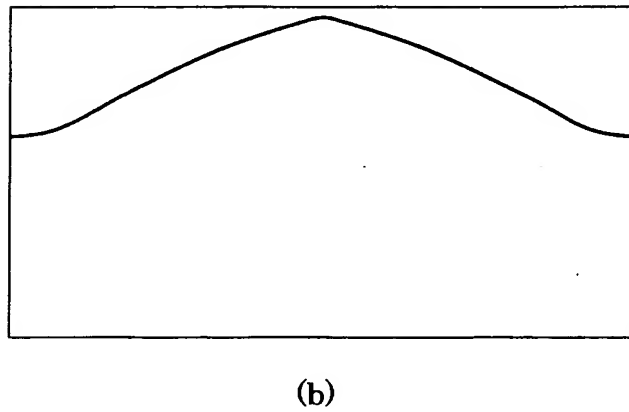
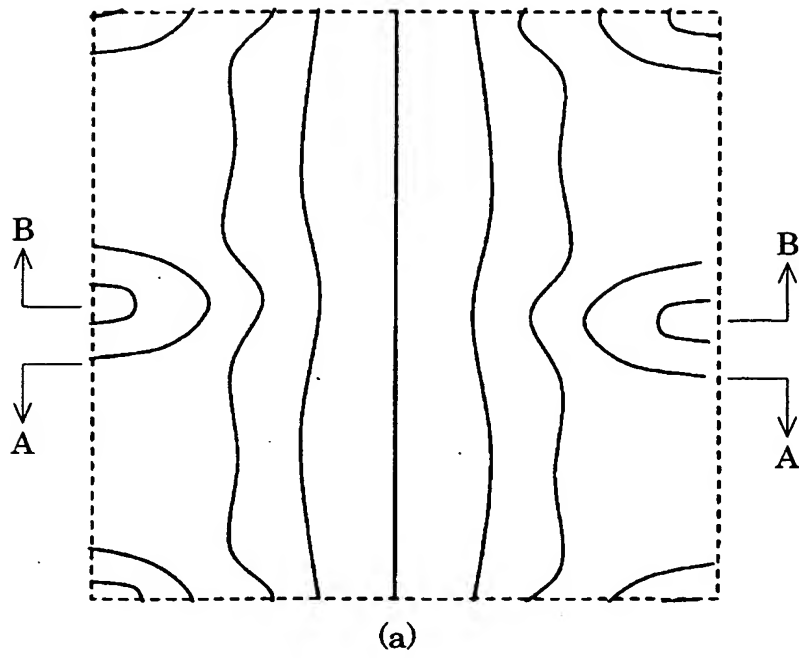


(c)

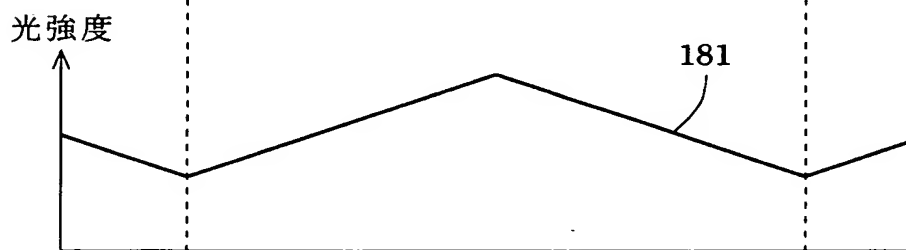
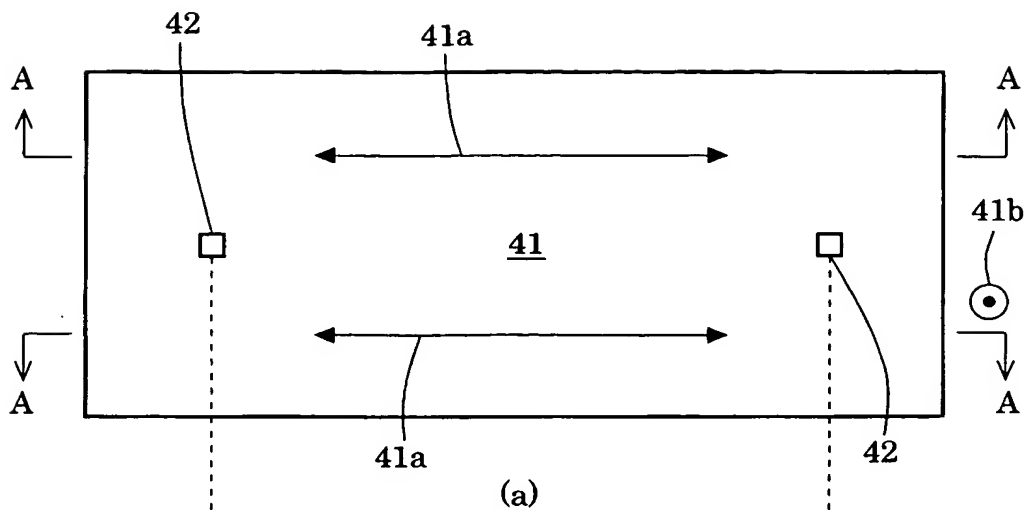
【図 16】



【図 17】

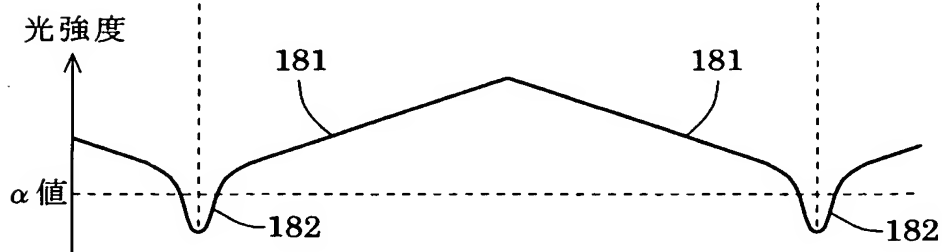


【図 18】



A-A断面に沿った光強度分布

(b)

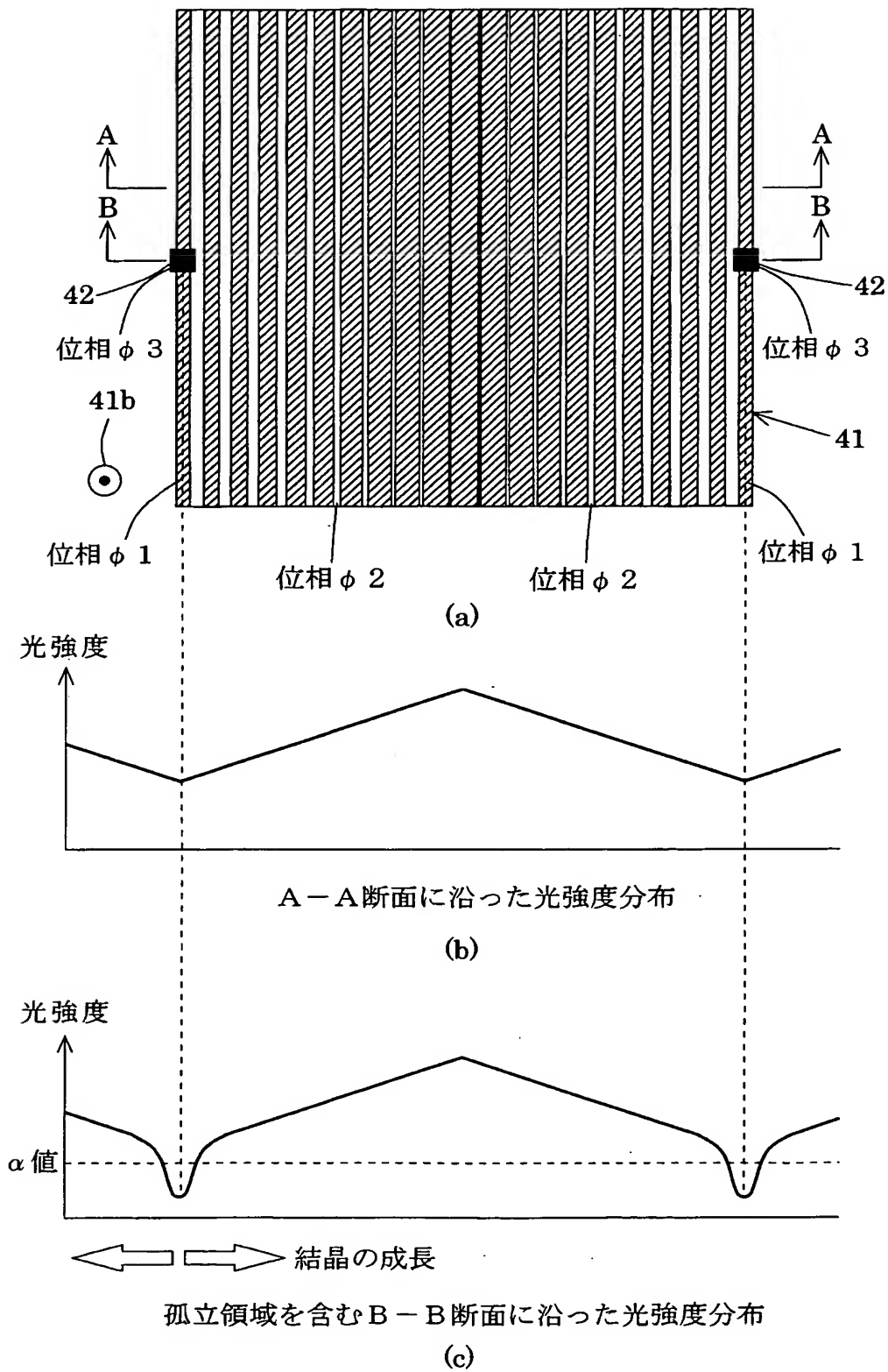


← → 結晶の成長

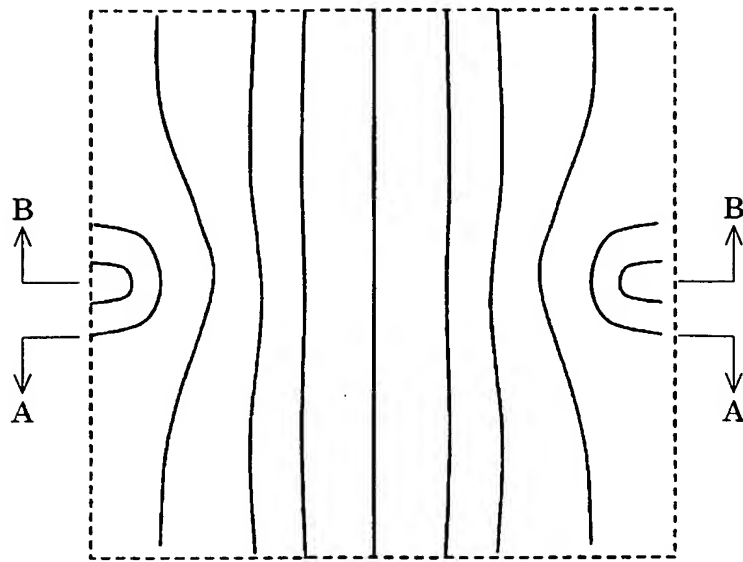
孤立領域を含む断面に沿った光強度分布

(c)

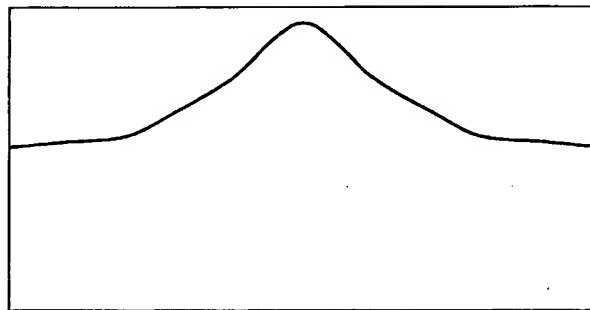
【図 19】



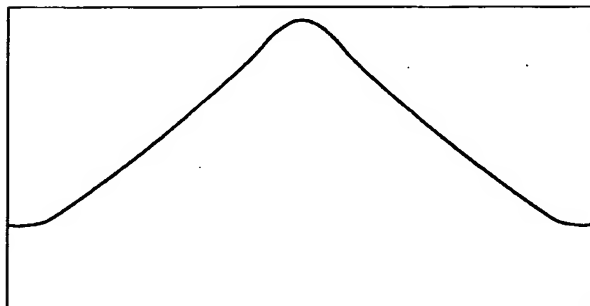
【図 20】



(a)

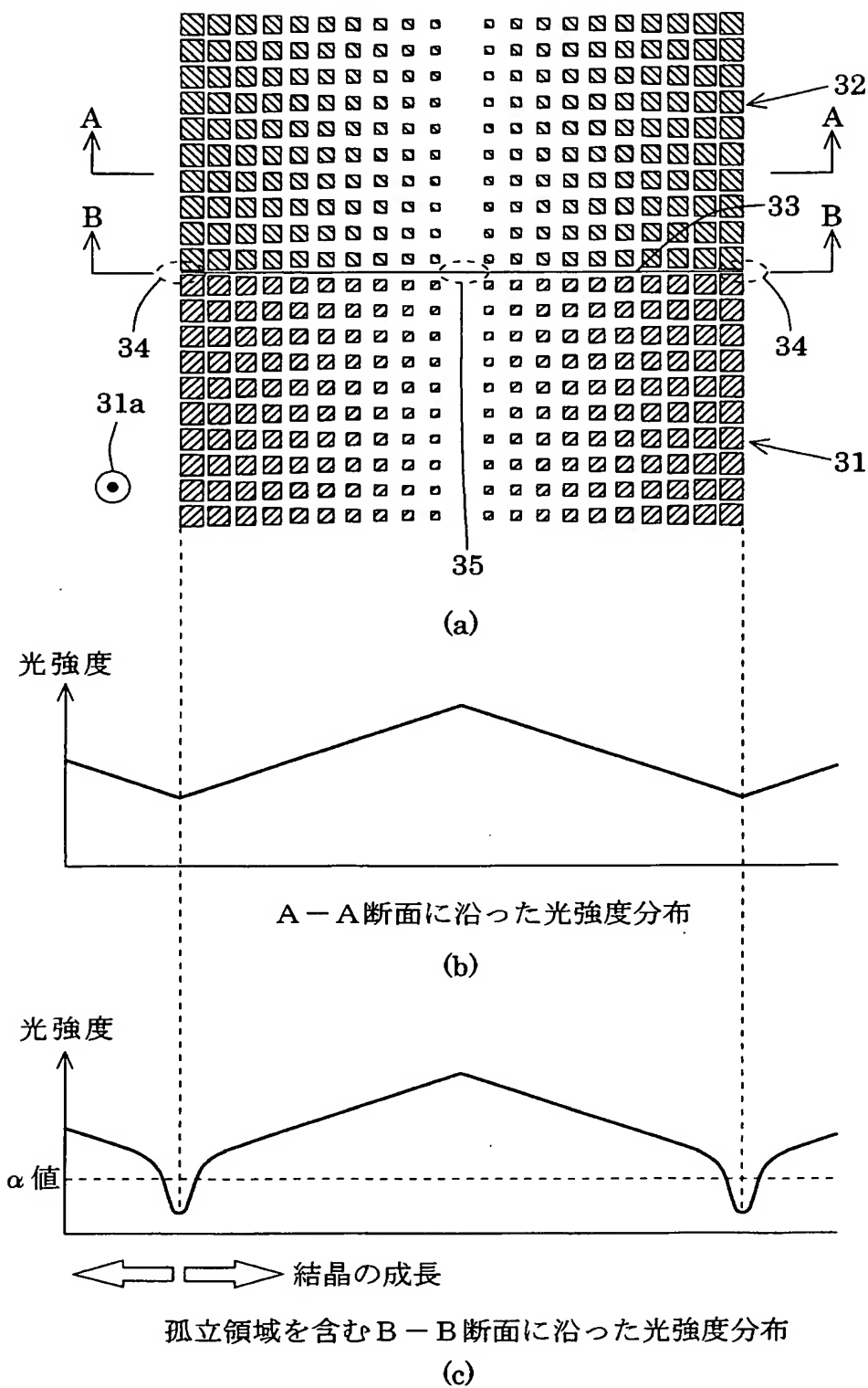


(b)

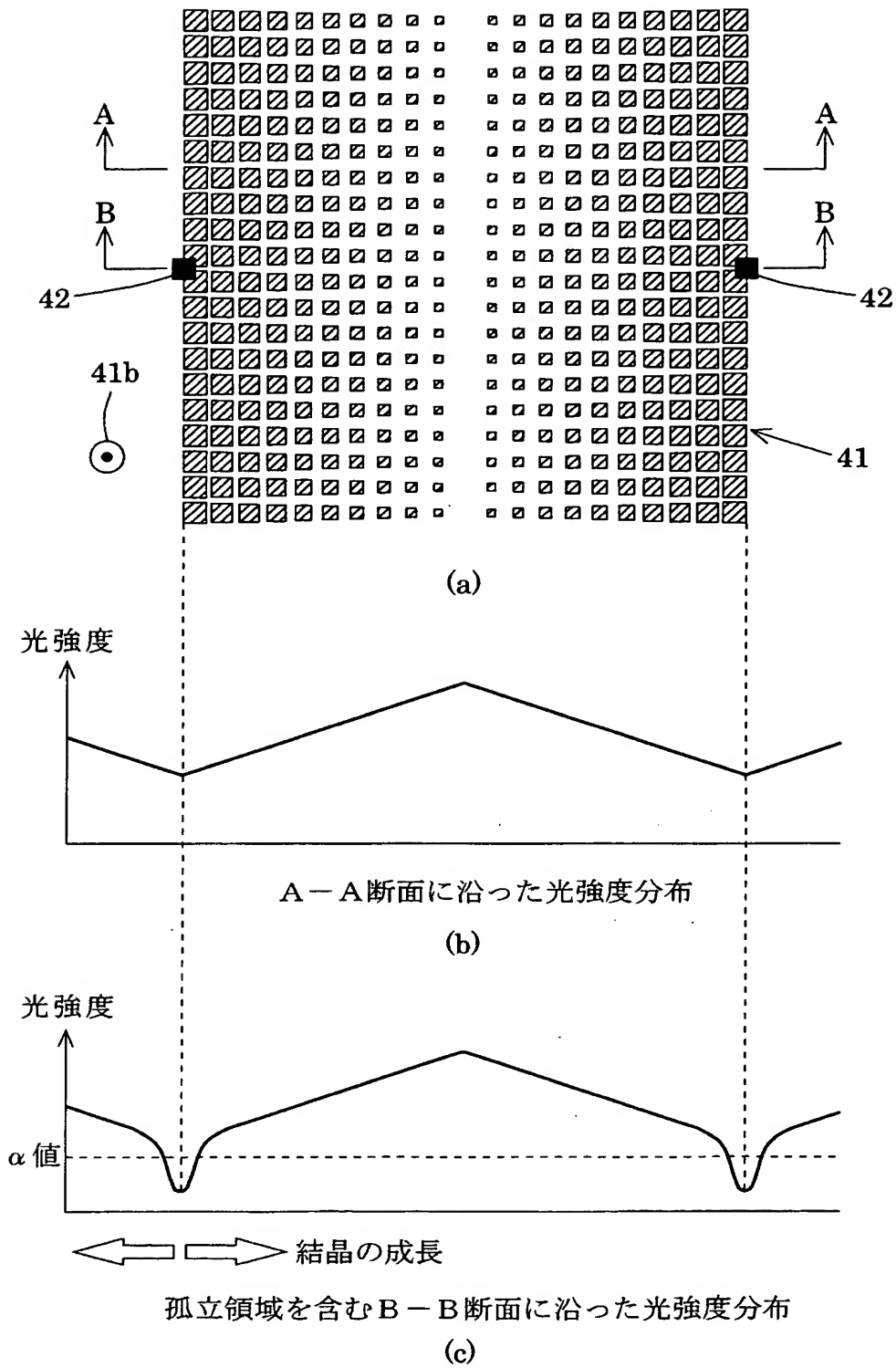


(c)

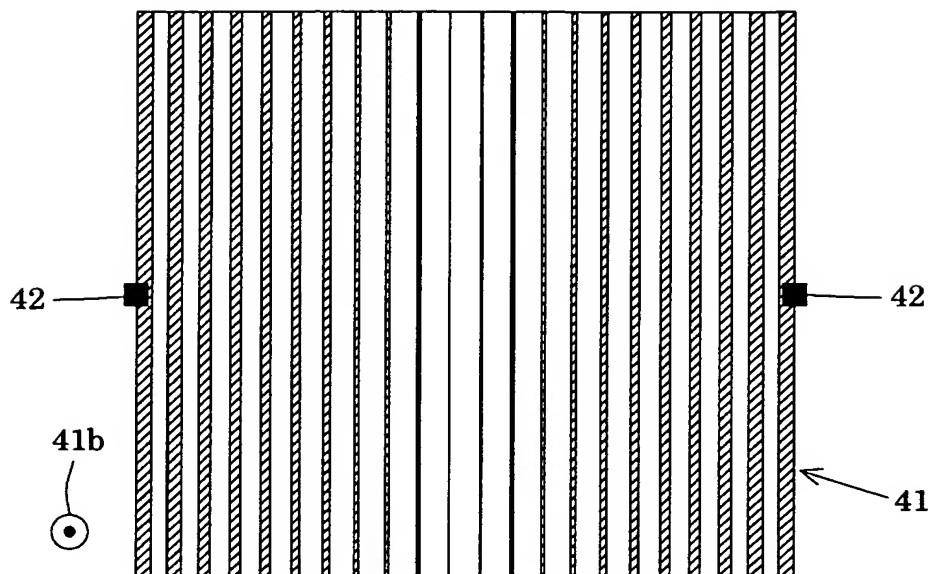
【図 21】



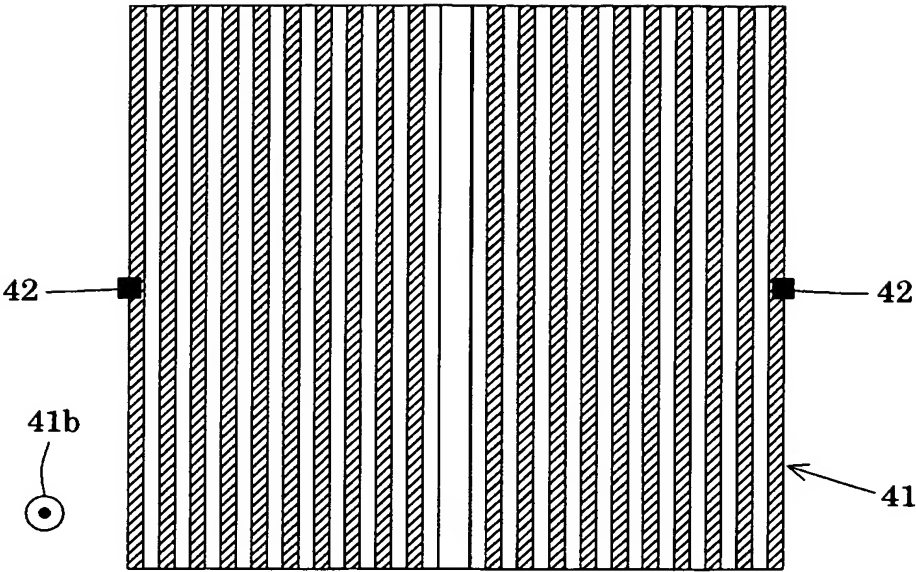
【図 22】



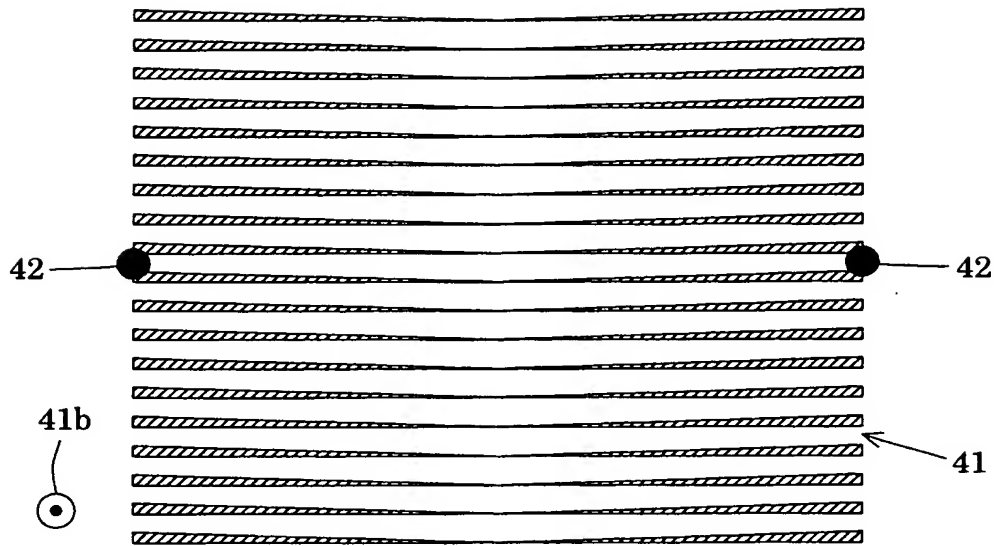
【図 2 3】



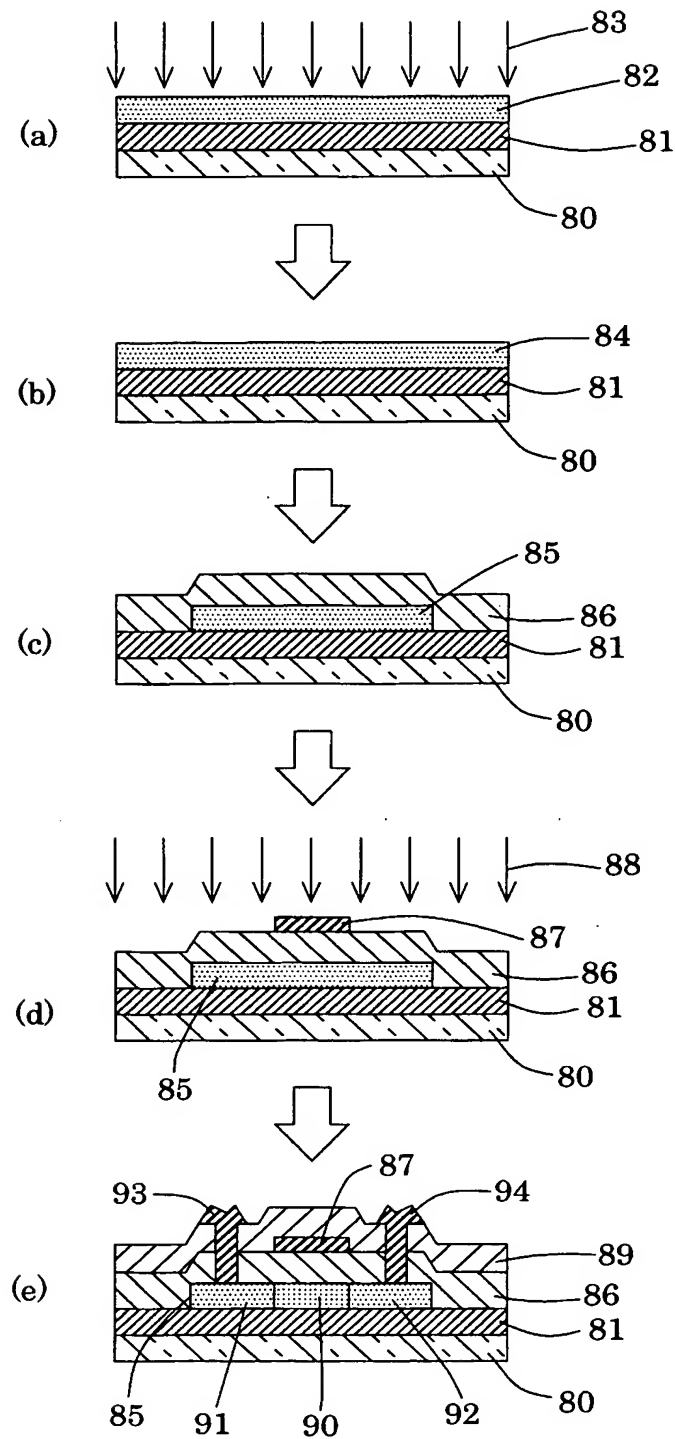
【図 2 4】



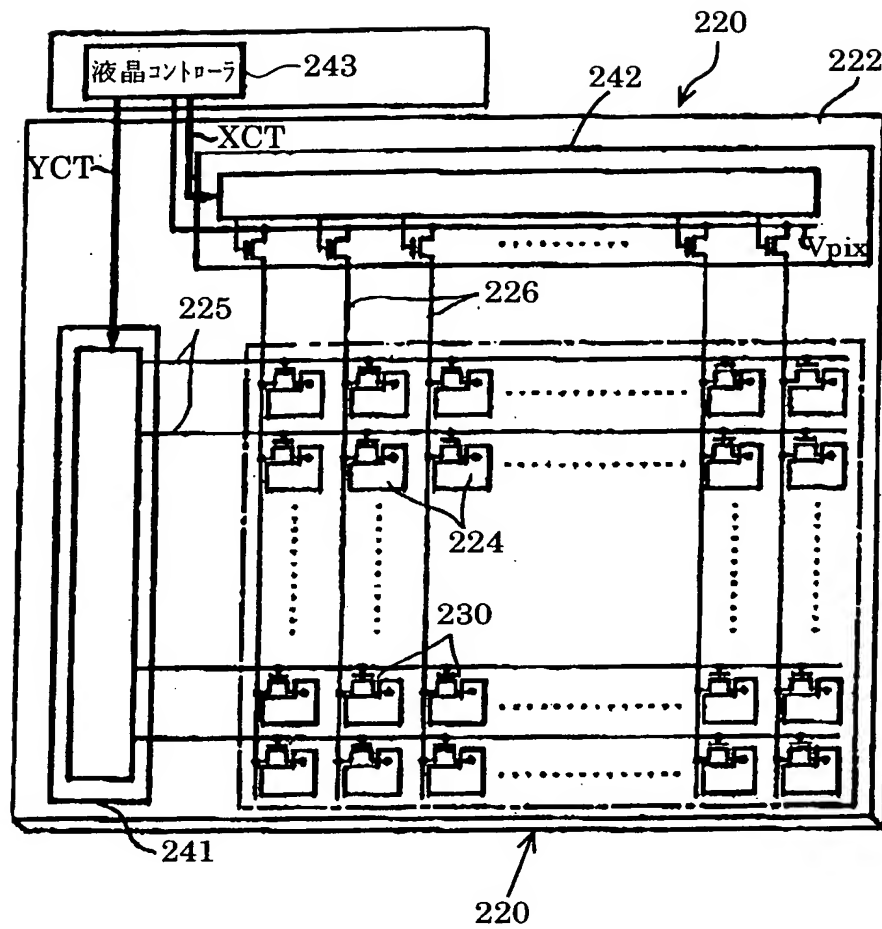
【図 25】



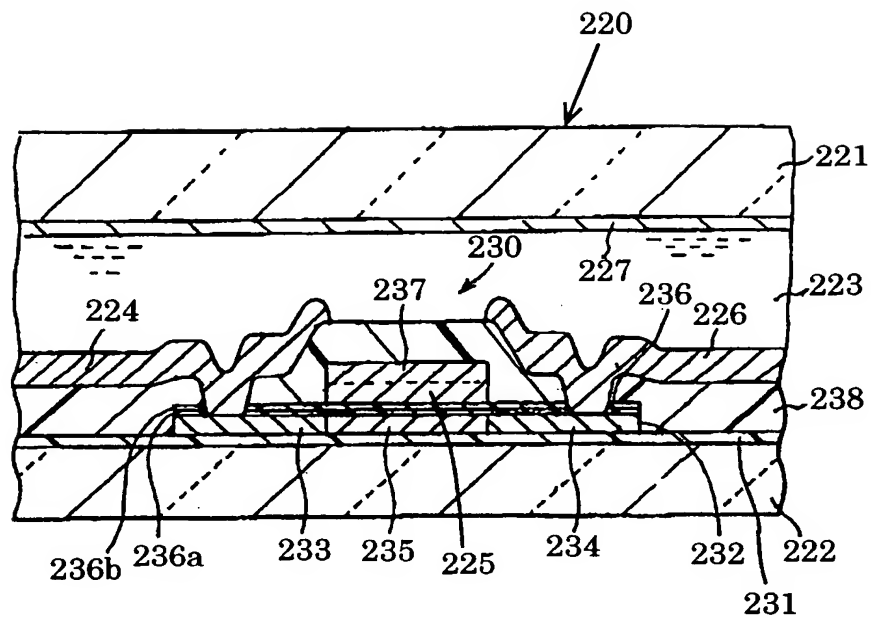
【図 26】



【図 27】



【図 28】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置。

【解決手段】 位相変調素子（１）と、この位相変調素子を照明するための照明系（２）と、位相変調素子と半導体膜（４）との間の光路中に配置された結像光学系（３）とを備えている。位相変調素子は、結像光学系の点像分布範囲の半径よりも光学的に小さい位相変調単位に基づく位相分布を有する。半導体膜に所定の光強度分布を有する光を照射して結晶化半導体膜を生成する。

【選択図】 図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 7 4 8 6
受付番号	5 0 3 0 0 6 7 0 8 2 9
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 5 年 4 月 2 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 4月22日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 7 4 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 2 8 6 6 5 7]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 1 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地

氏 名

株式会社 液晶先端技術開発センター